



**TRABAJO FIN DE GRADO:
NUEVAS SOLUCIONES PARA LA CARACTERIZACIÓN DE
ENVOLVENTES DE VIDRIO**



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



ESCUELA UNIVERSITARIA DE ARQUITECTURA TECNICA

AUTORA: ADRIANA GAMALLO AROSA

TUTOR: ÁNGEL JOSÉ FERNÁNDEZ ÁLVAREZ

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA Y CIENCIA DE LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA

A CORUÑA, 2015

AGRADECIMIENTOS

A mi familia formada por mis padres y abuela, por apoyarme siempre en todas mis decisiones, y por su apoyo económico sin cual no podría haber terminado mis estudios.

A mis amigos, a todos ellos, por compartir parte de sus vidas conmigo. Por sus discusiones, por sus ideas, por sus ánimos y consejos de taberna, pero sobre todo por hacerme feliz.

Y por último a mi pareja Noé por estar siempre a mi lado enseñándome a reírme de la vida.

RESUMEN

El presente trabajo de fin de grado trata los diferentes usos del vidrio como material para la utilización en envolventes arquitectónicas así como la descripción de las innovaciones tecnológicas más recientes en este ámbito. En primer lugar hace referencia a la evolución histórica del vidrio a lo largo de los siglos desde su origen hasta la actualidad. Hace también un repaso de lo que es el vidrio en sí, de sus propiedades y tipos.

Trata las diferentes formas de trabajar con el vidrio y la luz desde los conceptos de transparencia, translucidez y opacidad. Trata también los nuevos avances de elementos complementarios a estas envolventes. El empleo del vidrio para dar color a la arquitectura y los diversos métodos para lograrlo. Pero esto no estaría completo sin mencionar la forma, así que también busca los nuevos desarrollos geométricos que logramos alcanzar con el vidrio en la arquitectura gracias a los avances actuales en la tecnología y el conocimiento.

Por último se realiza un recorrido por panorama actual de las envolventes de vidrio en Galicia.

PALABRAS CLAVE: Vidrio, Luz, Color, Geometría, Envolventes.

RESUMO

O presente traballo de fin de grado trata os diferentes usos do vidro para a súa utilización en envolventes arquitectónicas así como na descripción das innovacións tecnolóxicas máis recentes neste ámbito. En primeiro lugar fai referencia á evolución histórica do vidro ao longo dos séculos dende a súa orixe ata a actualidade. Fai tamén un repaso do que é o vidro en si, das súas propiedades e tipos.

Trata as diferentes formas de traballar co vidro e a luz dende os conceptos de transparencia, translucidez e opacidade. Trata tamén os novos avances de elementos complementarios a estas envolventes. O emprego do vidro para dar cor á arquitectura e os diversos métodos para logralo. Pero isto non estaría completo sen mencionar a forma, así que tamén busca os novos desenvolvementos xeométricos que logramos alcanzar co vidro na arquitectura grazas os avances actuais na tecnoloxía e o coñecemento.

Por último realízase un percorrido por panorama actual das envolventes de vidro en Galicia.

PALABRAS CLAVE: Vidro, Luz, Cor, Xeometría, Envolventes.

ABSTRACT

The present final project is based on the different uses of glass like material for architectural envelopes as well as the description of the most recent technological innovations in this scope. First of all it refers to historical reference of glass evolution along the centuries from origins to the present. Also takes a look at what is the glass itself, their properties and types.

Also it treats the different ways of working with glass and light from the concepts of transparency, translucency and opacity. It treats also the new advances of complementary elements to these envelopes. The employment of glass to give color to the architecture and which methods are to achieve this. But this would not be complete without mentioning the shape, so it also searches for new geometric developments that we achieve with glass in architecture today thanks to advances in technology and knowledge.

Finally it is review the current situation of glass envelopes in Galicia.

KEYWORDS: Glass, Light, Color, Geometry, Envelopes

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	11
2.	EVOLUCIÓN HISTÓRICA	13
2.1	Edad Antigua: Origen del vidrio	13
2.2	Época romana: El vidrio soplado.....	14
2.3	Edad Media: los inicios del vidrio en la construcción	17
2.4	Revolución industrial: la arquitectura del vidrio.....	19
3.	EL VIDRIO COMO MATERIAL.....	25
3.1	Estrategias de fabricación	25
3.1.1	Recepción, mezcla y molienda de las materias primas.	26
3.1.2	Fusión	27
3.1.3	Conformado.....	33
3.1.4	Acabado o procesos secundarios.....	33
3.1.5	Controles	34
3.2	Propiedades físicas.....	35
3.3	Prestaciones del vidrio.....	37
3.3.1	Prestaciones energéticas.....	37
3.3.2	Prestaciones ópticas.....	43
3.3.3	Prestaciones acústicas.....	44
3.3.4	Prestaciones mecánicas.....	46
3.3.5	Otras prestaciones.....	48
3.4	Variedades actuales	49
3.4.1	Productos básicos.....	49
3.4.2	Productos transformados.....	50
4.	LUZ Y VIDRIO.....	55
4.1	Fuentes de luz	56
4.2	Estados de la luz.....	58
4.2.1	Transparencia	58
4.2.2	Translucidez.....	65
4.2.3	Opacidad.....	70
4.3	Donde la luz no llega: luminoductos.....	76
4.4	Sistemas de control solar.....	80
5.	COLOR Y VIDRIO.....	85
5.1	Valores cromáticos de la luz.	85
5.2	Simbologías cromáticas urbanas. Métodos para lograr síntomas cromáticos	87
5.2.1	Vidrios coloreados:	88

5.2.2	Vidrios con lamina DE COLOR.....	95
5.2.3	Vidrios serigrafiados.....	100
5.2.4	Otros.....	103
6.	GEOMETRÍA Y VIDRIO.....	107
6.1	Envolventes ligeras.....	107
6.2	Envolventes autoportantes. Vidrio estructural.....	114
6.3	Nuevos desarrollos tecnológicos.....	118
6.3.1	Pavimentos.....	118
6.3.2	cubiertas.....	120
6.3.3	Elementos estructurales.....	123
6.4	Nuevas posibilidades geométricas.....	128
6.4.1	Rascacielos.....	128
6.5	Nuevas posibilidades de diseño en envolventes de vidrio.....	138
6.5.1	con tecnología Led.....	138
6.5.2	en contacto con el agua.....	142
6.5.3	otros.....	144
7.	PANORAMA DE LAS ENVOLVENTES DE VIDRIO EN GALICIA.....	147
7.1	Galerías de la Marina de A Coruña.....	149
7.2	Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia. Delegación de vigo.....	155
7.3	Museo Nacional de Ciencia y Tecnología. Muncyt.....	159
7.4	Sede de la fundación Caixa Galicia.....	165
7.5	Ayuntamiento de Lalín.....	169
7.6	Centro de salud de Muros.....	173
7.7	Casa en Perbes / Vier Arquitectos.....	177
7.8	Sede de la SGAE.....	181
7.9	Ciudad de la Cultura.....	185
7.10	LERD de la UDC.....	189
7.11	Oficinas del Ministerio de Fomento.....	191
7.12	Oficina de Turismo en Arteixo.....	193
8.	CONCLUSIONES.....	195
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	197
10.	GLOSARIO.....	203
11.	NORMATIVA APLICABLE.....	205
12.	ANEJOS.....	211
A.	Texto histórico.....	213
B.	Detalles constructivos.....	217
C.	Fabricantes.....	227

1. INTRODUCCIÓN

Desde la introducción del vidrio en la arquitectura moderna como material de construcción, su uso ha ido creciendo constantemente hasta dominar el panorama actual del siglo XXI. Y desde luego todo apunta a que seguirá creciendo en el campo de la construcción, sobre todo con los nuevos avances innovadores que se han ido desarrollando a lo largo de estos años en la tecnología del vidrio que permiten diseños inimaginables y aún más elaborados. Este trabajo comienza con una referencia histórica de como el vidrio ha ido evolucionando todos estos años. Se inicia con el descubrimiento del material y su lento desarrollo como material de construcción y se finaliza con la revolución industrial donde su producción es en continuo y su empleo de uso cotidiano.

El vidrio es un material arquitectónico muy popular porque resulta estéticamente atractivo, conecta a los seres humanos con el exterior, creando una sensación de libertad. A demás permite el paso de la luz natural al interior de un edificio. En este trabajo se detallan las diversas formas con las que muchos arquitectos logran esta conexión interior-exterior. Primero trata la transparencia absoluta con la que se logra esa percepción de espacio abierto pero que no satisface a todo el mundo por lo que después pasamos a la translucidez logrando crear con el vidrio una percepción más íntima y ya por ultimo en el capítulo de la luz se trata la opacidad que no siempre es fácil de lograr con el vidrio.

Lleno de contradicciones el vidrio nos ofrece fragilidad y resistencia a la vez que crea una gran variedad de sensaciones según su composición, desde una absoluta transparencia hasta la opacidad. Ofreciendo también la coloración de su masa dando lugar a una amplia gama de colores en la arquitectura. En el presente trabajo se detallan algunos ejemplos y métodos con los que lograr el color en el vidrio.

En cuanto a geometría decir que hoy en día el vidrio se ha convertido en uno de los materiales más versátiles para formas geométricas imposibles ya que el sistema más funcional para ello es el sistema de mallas y el vidrio es el complemento perfecto para este tipo de estructuras.

Por último se realiza un recorrido por el panorama de envolventes de vidrio por la comunidad gallega detallando los ejemplos más convenientes para el caso.

2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA

2.1 EDAD ANTIGUA: ORIGEN DEL VIDRIO

Cuenta la leyenda que el descubrimiento del vidrio es un bonito ejemplo de «serendipia», de hallazgo por azar¹. Según contaba el historiador romano Plinio el Viejo, el cual en su obra “*Naturalis Historia*”, hace una conocida descripción sobre el descubrimiento del vidrio que incorporamos literalmente:

“En una parte de Siria, limítrofe con Judea que lleva el nombre de Fenicia, existe al pie del Monte Carmelo un pantano llamado Candebia del que se supone que nace el río Belus, el cual, después de recorrer unos siete kilómetros, desemboca en el mar cerca de la colonia de Ptolomeida. Este río es lento, sus aguas son turbias y no potables, aunque se consideran sagradas. El río es profundo y cenagoso y sus arenas sólo quedan al descubierto cuando baja la marea.

*Después de ser agitadas y lavadas por las olas, las arenas aparecen blancas y brillantes, por lo que después de ser sometidas a la acción del agua del mar resultan aptas para su utilización. Esta zona de la costa tiene una longitud no superior a unos 500 pasos, sin embargo, ha permitido desde hace muchos siglos atender a la fabricación del vidrio. Se cuenta que habiendo arribado un barco de unos mercaderes que transportaban “trona”, desembarcaron en esas orillas y fueron a preparar su comida. Al no encontrar piedras sobre las que apoyar sus marmitas para calentarlas, tomaron gruesos pedazos de su mercancía. Cuando la “trona” fundió y se mezcló con la arena de la playa comenzó a correr un líquido transparente, hasta entonces desconocido, que fue el origen del vidrio”.*²

Este relato ha sido dado con distintas variantes por varios pensadores pero la verdad es que nunca se ha llegado a saber lo que hay de realidad y lo que tiene de leyenda; fundamentalmente porque se pone en duda que un fuego abierto pueda llegar a alcanzar una temperatura suficiente para fundir los elementos necesarios para que reaccione la sílice con el carbonato sódico y forme vidrio, aunque se ha demostrado que un fuego de leña puede alcanzar una temperatura próxima a los 1.200°C.

Durante la época helenística (siglos IV-I a. C.), se empleaba el vidrio para fabricar vasos y recipientes. A partir de entonces los fenicios, pueblo comerciante donde los haya, trasladaron este descubrimiento a toda la cuenca del Mediterráneo, aunque realmente

¹ ARRAMBERRI, J. Vidrio: arte, industria, sociedad, número 9 de FABRIKART, 2011.

² Extracto del libro XXV de la colección de “*Naturalis historia*” de Plinio el viejo contenida en “*Historia del vidrio*” de SORROCHE CRUZ, A. DUMONT BOTELLA, A. 2005

fueron los egipcios del período predinástico los primeros en fabricar el vidrio en forma de esmaltes vitrificados, la fayenza. Para los egipcios el vidrio tenía un uso puramente decorativo: se coloreaba el objeto traslúcido para imitar la textura de los metales preciosos como el lapislázuli.

El desarrollo de las técnicas supuso grandes dificultades. Ello explica que antes de adquirir su propia identidad como material, se utilizara aplicado como revestimiento de piezas cerámicas.

Las informaciones sobre la fabricación del vidrio antiguo son escasas. Las de mayor antigüedad se conocen a través de unas tablas de arcilla³.

Entre el tercer siglo y primera mitad del segundo antes de cristo ocurrieron importantes acontecimientos desde el punto de vista técnico, que justifican la aparición de las primeras vasijas hechas completamente con vidrio. Ello se debió al desarrollo del fuelle y a la necesidad de fundir gran cantidad de vidrio, por lo que era necesario que el horno pudiera alcanzar elevadas temperaturas durante un tiempo prolongado.

Lo que no cabe duda es que cuando aparecen los vasos de vidrio hay un conocimiento profundo de las técnicas de fabricación, salvo la de soplado que supuso una auténtica revolución en el arte del vidrio.



Ilustración 1. Recipiente en forma de pez. Vidrio egipcio de XIV a.C. expuesto actualmente en el museo británico de Londres
Fuente: <http://goo.gl/SUO5QH>
(Recuperado 03 de Marzo 2015)

2.2 ÉPOCA ROMANA: EL VIDRIO SOPLADO.

La técnica de soplado de vidrio (o *blowpipe*) supuso una revolución de verdadera trascendencia para la artesanía vidriera. No se ha podido constatar este hecho hasta la fecha de su aparición a finales de siglo I a.C.

La aplicación de esta técnica por medio de la caña de soplar vidrio, tuvo lugar en la costa de Siria. Su uso obligó a mejorar la calidad del vidrio, por la necesidad de utilizar temperaturas considerablemente más elevadas que las pastas de vidrio tradicionales, a

³ Tablas de arcilla: Son un tratado completo de la fabricación del vidrio, de la biblioteca de Assurbanipal donde se habla de la fabricación del vidrio e incluso de cómo construir un horno. una de ellas del siglo XVII a.C

lo que contribuyó, sin duda, el conocimiento que tenían los fenicios en la construcción de hornos.

La técnica de vidrio soplado fue aplicada en el interior de moldes y ello está probado en las piezas antiguas que se conservan, aunque inmediatamente después fueron utilizadas en el “soplado al aire”.



Ilustración 2. Vidrio soplado

Fuente: <http://www.glazette.com/Glass-Knowledge-Bank-60/Glass-history.html/> (Recuperado 03 de Marzo 2015)

La invención de esta técnica se extendió rápidamente al mundo romano basado, entre otros aspectos, a que el Mediterráneo era unidad económica y política y que vidrieros procedentes de Alejandría y Siria se establecieron en Italia.

La técnica de soplado de vidrio aportó nuevos métodos de trabajo y consecuentemente nuevos diseños de espesores de paredes más delgadas, con lo que los estilos correspondientes a esas etapas van siendo sustituidos con nuevas formas que a través de nuevos procedimientos de trabajo y buena comercialización, característica del mundo fenicio, se conseguían hacer llegar a los lugares más diversos.

Un caso muy frecuente de la decoración de vasos por medio de un molde, dentro del cual se prensaba el vidrio fue la sustitución por el soplado del vidrio, en el interior del molde.

Los vidrieros más famosos que destacaron en sus trabajos fueron Aristón, Artas y Ennion, y esto se conoce gracias a la marca y firma de los citados autores de los trabajos

que realizaron en sus talleres. De estos vidrieros se conocen vasos soplados en moldes con decoración geométrica y vegetal e inscripciones en griego.⁴

Fueron dos áreas geográficas fundamentales las que produjeron vidrio: Siria y Egipto por una parte y, Alejandría por otra.

Evidentemente, la procedencia de los vidrieros iba a caracterizar las distintas técnicas que se desarrollaron. Por una parte, los vidrieros alejandrinos impusieron el decorado, tallado y pulido de vidrios multicolores: millefiori⁵, mientras que los sirios optan por su aportación más valiosa que es la técnica de soplado.

Otra técnica que se desarrolló en Roma en la época de Augusto, durante los primeros siglos de la era cristiana, se refiere al vidrio camafeo, del cual existen muy pocos ejemplares. Esta técnica consiste en unir dos extractos de vidrio de diferente color, tallando después la capa externa para que queden al descubierto partes de la capa interior y establecer una decoración en relieve que resalta por el contraste cromático.

El vaso de vidrio de camafeo más famoso es el jarrón Portland (siglo I d.C., que se encuentra en el Museo Británico, Londres) decorado con las figuras mitológicas de Peleo y Tetis.

El soplado de vidrio en Roma se comenzó a trabajar aproximadamente en el año 20 de nuestra era, pero a partir de ese momento el vidrio pasa de ser suntuario a utilitario, pasando de ser un producto de estratos minoritarios a otros de amplio espectro social.

Es también en esta época en la que se produce un cambio importante: se pasa del vidrio coloreado al vidrio incoloro.

La proliferación de hornos fue un tanto desordenada, y prueba de ello es que el propio emperador Alejandro Severo tuvo que ordenar que las vidrierías se trasladaran al exterior de las ciudades, y así evitar el aumento de incendios.

Otra importantísima aplicación del vidrio en Roma fue la utilización en el ámbito arquitectónico como revestimiento de pavimentos y de paredes, destacando sobre todo las de cerramiento de huecos y ventanas que se generalizó, aunque sin eliminar por



Ilustración 3. Vaso de Portland.
Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Vasija_de_Portland (Recuperado 03 de Marzo 2015)

⁴ SORROCHE CRUZ, A. DUMONT BOTELLA, A. 2005 "Historia del vidrio"

⁵ Millefiori: es una técnica de trabajo con vidrio que se distingue tener secciones o discos de cañas de vidrio de colores, englobadas en vidrio incoloro.

completo la utilización del alabastro, mica y conchas como elementos anteriores al vidrio. Para finalizar esta importante etapa sobre el desarrollo de las técnicas en la antigua Roma, se distinguen tres períodos:

El primero, que comprende dos siglos de nuestra era, se caracteriza por la tonalidad verdosa de los vidrios utilizados.

El segundo, que comienza en el siglo III, se distingue por la depuración de la masa vítrea y por la enorme evolución de sus técnicas. La tercera etapa se inicia a finales del siglo IV y supone la decadencia de la artesanía vidriera donde empeora la calidad del vidrio, se repiten las formas y la decoración pasa a un segundo plano.

La difusión del vidrio por Europa se inicia en el norte de Italia y comienza a instalarse en aquellos países que formaban parte del Imperio Romano. También los artistas vidrieros, de origen sirio fueron creando talleres por el Rhin, Estrasburgo, Colonia y, en España, en Cataluña, Valle del Guadalquivir, Mérida, Ibiza y zona palentina.

El vidrio llega a nuestro país por el Mediterráneo. Los primeros artesanos se instalan en las Islas Baleares y Cataluña, con talleres de vidrio soplado y hornos de modestas dimensiones, en los que elaboraban vasos y recipientes «à la façon de Venise». La fabricación del vidrio plano para espejos, lunas y ventanas era una especialidad veneciana, que Luis XIV traslada a Francia con la complicidad de algunos maestros vidrieros.

2.3 EDAD MEDIA: LOS INICIOS DEL VIDRIO EN LA CONSTRUCCIÓN

La invasión al Imperio Romano en Europa por los bárbaros del norte supuso una paralización casi generalizada de las actividades industriales y, entre ellas, la industria vidriera. La fabricación del vidrio y especialmente la técnica de soplado se vieron reducidas a pequeños focos aislados de familias que la mantuvieron viva

En esta etapa, el mecenazgo de la Iglesia fue prácticamente el único impulsor de la producción clasificada en los mosaicos de vidrio en la Europa mediterránea construidos con pequeñas piezas de vidrio en forma cúbica o teselas incrustadas en cemento.

Posteriormente, estos vidrieros que permanecieron fueron desarrollando nuevas técnicas y creando un estilo propio, el vidrio plano. Dirigido fundamentalmente a la arquitectura.

La arquitectura gótica, encontró el perfecto complemento con las vidrieras multicolores o vitrales surgidos por la inspiración de mosaicos. Ya que no solo le servían como

cerramiento de los grandes ventanales, sino que también le servían de soporte iconográfico a medida que permitía en paso de la luz.

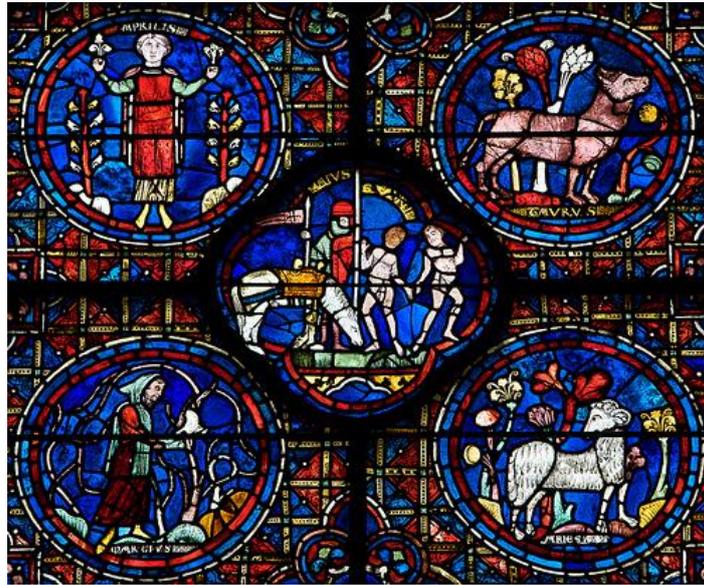


Ilustración 4. Vitral gótico (Catedral de Chartres, Francia)
Fuente: <http://goo.gl/MR6W46> (Recuperado 03 de Marzo 2015)

Ya a finales de siglo XIV en Francia, los vidrieros normandos desarrollaron el procedimiento de soplado en discos o en coronas (*Crown glass*) llegando a discos de 50-60 cm y de mejor calidad que ninguno obtenido hasta ese momento. Mientras que las manufacturas orientales no habían pasado de los 15 cm. Estos vidrios tenían un hoyuelo en el centro y varias burbujas de aire pero era transparente y eficaz contra la intemperie.



Ilustración 5. Fabricación vidrio plano (en discos o coronas)
Fuente: KATHERINE K. LEITCH Structural Glass Technology: Systems and Applications (Recuperado 03 de Marzo 2015)

Esta técnica se mantuvo sobre una base familiar como se venía haciendo hasta ahora hasta 1692 en Saint Gobain, cerca de París donde se instaló una de las empresas fabricantes de vidrio más importantes hasta ahora.

En Venecia alcanza su apogeo donde se desarrolló el cristal más famoso del mundo, el cristal de Murano, gracias a su excelente calidad, su fragilidad característica y su incorruptible transparencia, el cristal veneciano, cuya producción se concentraba en la Isla Murano, dominó el mercado hasta bien entrado el siglo XVIII.

2.4 REVOLUCIÓN INDUSTRIAL: LA ARQUITECTURA DEL VIDRIO

La arquitectura del siglo XIX supone cambios radicales en las formas, las estructuras, los materiales, las tipologías, e incluso en la relación del edificio con el hombre y el medio.

La arquitectura europea hasta mediados del siglo XVIII presenta un carácter unitario, aunque adopte formas peculiares en cada país, pero siempre con características comunes.

Partiendo de estos antecedentes, en los últimos años del XIX y principios del XX aparecerá una corriente artística con personalidad propia, el Modernismo.⁶

Con la revolución industrial, en el siglo XIX, numerosos progresos fueron realizados en la industria vidriera. La utilización del carbón, en lugar de la madera, para calentar los hornos mejoró el funcionamiento de éstos. Las primeras máquinas de automatización de la producción fueron introducidas en las fábricas. Por último, el soplado con la boca fue progresivamente sustituido por el chorro de aire comprimido en moldes metálicos. Se puede considerar que la industria del vidrio moderna nació a partir de este momento.⁷

Hasta ahora los vidrieros habían transmitido siempre sus conocimientos de forma muy restringida, exclusivamente en los núcleos familiares y gremiales. Su trabajo estaba relacionado con el mundo de la magia y de la alquimia: *“los magos predicen el futuro con una bola de cristal, y los precursores de la química buscan la piedra que transforme*

⁶ Modernismo: corriente de renovación artística desarrollada a finales del siglo XIX y principios del XX, caracterizados por crear un arte nuevo, joven, libre y moderno, que representara una ruptura con los estilos dominantes en la época, tanto los de tradición academicista como los rupturistas

⁷ LLC, TANGIENT.2005. historiadelarte1.wikispaces.com/search/wiew/arquitectura%20sigloXIX. [En línea] TES Global Limited, 2005. [Citado el: 03 de Marzo de 2015.]

el metal en oro entre las llamas.” Una tradición que se mantiene actualmente en la fabricación del vidrio artístico.⁸

Pero a partir del siglo XIX los ingenieros cursaban su carrera en escuelas o universidades técnicas; los estudiantes de arquitectura acudían a una Academia, o aprendían en el taller de un maestro arquitecto. A pesar de tener conocimientos en arquitectura muchos de estos artistas- arquitectos no siempre aceptaban los nuevos materiales como el vidrio o las nuevas técnicas que se iban desarrollando con la revolución industrial por lo que su intrusión en el mundo de la construcción fue muy lento.

La población aumenta de forma notable en el siglo XIX y con ella las vías férreas, los puentes colgantes, las fábricas, los mercados, etc. Para satisfacer esta demanda es necesario construir edificios más altos y amplios, y de forma más barata y rápida. La solución para lograrlo es el empleo de nuevos materiales: el hierro y el cristal, lo que influye no sólo en la técnica constructiva, sino también en las nuevas formas arquitectónicas. Otro ejemplo de esto fue a finales del siglo XIX cuando Friedrich Siemens inventó el horno continuo, que permitió la producción de vidrio en continuo a gran escala y el uso de maquinaria.

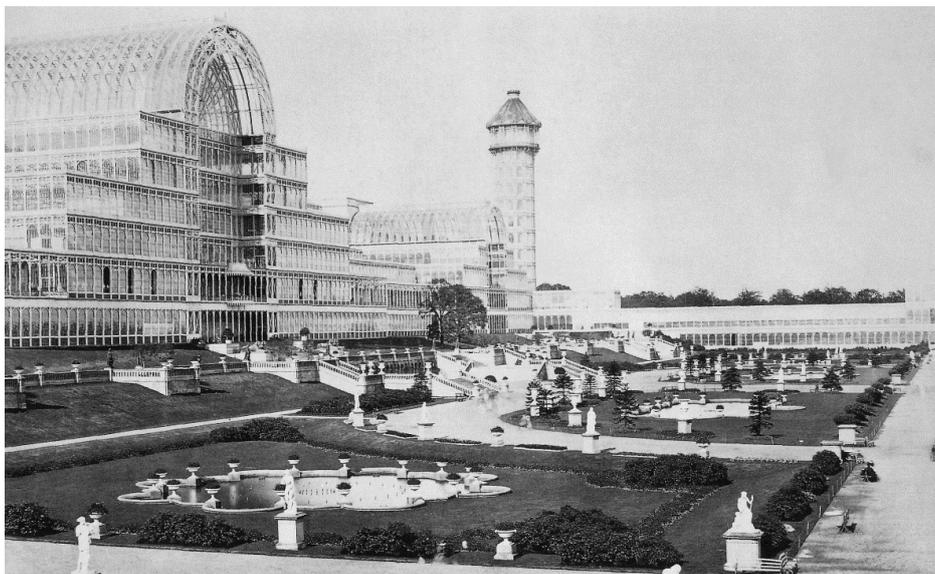


Ilustración 6. The Crystal Palace

Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/Crystal_Palace_School#/media/File:Kristallpalast_Sydenham_1851_aussen.png (Recuperado 12 de Marzo 2015)

El empleo del hierro permite levantar edificios más altos y amplios, con estructuras diáfanas y grandes vanos, ya que el muro ha perdido su función sustentante. El cristal, que se fabrica industrialmente, permite a su vez la luminosidad del edificio, gracias a

⁸ ARRAMBERRI, J. Vidrio: arte, industria, sociedad, número 9 de FABRIKART, 2011.

poder cubrir grandes espacios y eliminar los muros en las nuevas construcciones, resolviéndose así el problema de la adecuada iluminación de los interiores.

El uso de estos materiales se consagra en los edificios de las grandes exposiciones universales, como el Crystal palace de Joseph Paxton para la Exposición de Londres de 1851. Las Exposiciones Universales serán elementos de difusión de la nueva arquitectura, ya que son creadas para exaltar los adelantos de la industria, el comercio y las artes.

En España, el Palacio de cristal del Retiro madrileño, de Ricardo Velázquez Bosco, de 1887, así como numerosos puentes y estaciones de ferrocarril, como la de Atocha, de 1894.



Ilustración 7. Palacio de cristal en el Retiro (Madrid)

Fuente: luisaugustopascual.wordpress.com (Recuperado 12 de Marzo 2015)

El resultado es que la arquitectura se preocupa más por la estructura que por los problemas estéticos, con la desvalorización del muro externo del edificio en favor del armazón interno sustentante.

El éxito del recinto fue tal que todos los pabellones que habían de albergar las sucesivas Exposiciones Universales celebradas a partir de entonces se inspirarían en él.⁹

Otra gran obra de esta época que cabe mencionar es el pabellón de cristal de Bruno Taut una obra la cual construyó para la asociación alemana de la industria del vidrio para la

⁹ URIO LUIS et al. Historia de la arquitectura III: Exposiciones universales Inglaterra Francia siglo XIX, 2010.

exhibición de este mismo año, pero al no encontrar un uso más relevante que el de la exhibición, fue demolida después de esta.

Sin duda esta estructura destacaba por su concepto en donde la luz y la transparencia eran las principales características de una arquitectura ideal del futuro, localizada en un lugar libre de construcciones aledañas, donde la interacción de la luz natural se reflejara en sus paneles de vidrio de diversos colores con el fin de despertar emociones en los visitantes y ayudar en la construcción de una utopía espiritual.



Ilustración 8. Pabellón de cristal

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Pabell%C3%B3n_de_Cristal
(Recuperado 12 de Marzo 2015)

Se creía que el medio ambiente influía en el desarrollo de nuestra cultura, dándole cabida a este nuevo material que era el vidrio a la interacción con la misma ya que permitía y daba una sensación de libertad e imaginación con el juego de la transparencia y la iluminación de diversos colores.

El deseo de Taut de un nuevo comienzo arquitectónico con diversos materiales, se expresa en su obra Arquitectura Alpina. Esta está considerada como la principal obra teórico-arquitectónica de Bruno Taut. Dándole cabida al impresionismo, y haciéndole propaganda a esta construcción encabezó su folleto siendo su mayor exponente:

“Si queremos elevar nuestra cultura a un nivel superior, estamos obligados para bien o para mal a transformar nuestra arquitectura. Y esto solo lo lograremos si dejamos los espacios en los que vivimos desprovistos de lo cerrado, para lo cual es necesaria la introducción de la arquitectura de cristal”¹⁰

En el siglo XX se realizaron dos importantes acontecimientos: la plena mecanización de la fabricación de botellas con la introducción de la primera máquina para botellas de vidrio de IS (sección individual) alrededor de 1920 y la invención del proceso de flotado para vidrio plano en 1962. Hoy en día la producción de vidrio flotado puede llegar a ser de 900 t/d.

En la actualidad el vidrio forma parte de nuestra vida cotidiana y lo empleamos en todo tipo de productos ya sean de construcción o no. Ha pasado de ser una piedra preciosa a un material que encontramos en elementos tan familiares como teléfonos, ordenadores, relojes, vasos... Además de importantes avances en el campo de la óptica.

En el anejo A se adjunta un manifiesto de la época en la que nació la arquitectura ferro-vítrea en donde grandes representantes de la arquitectura muestran claras intenciones de incorporar el vidrio a nuestra vida cotidiana.

¹⁰ VALLEJO SOLANO, E. A. 2014. <http://goo.gl/HsLc1G>. Utopía de la luz. [En línea] 2014. [Citado el: 10 de Marzo de 2015.]

3. EL VIDRIO COMO MATERIAL

3.1 ESTRATEGIAS DE FABRICACIÓN

La elaboración de vidrio es un largo y complejo proceso que comienza por la recepción de materias primas, el informe y acondicionamiento de la mezcla y termina con la salida del producto frío a la desembocadura del túnel o del arca de recocido. De forma general, el proceso puede considerarse dividido en las etapas que se muestran en el siguiente gráfico:

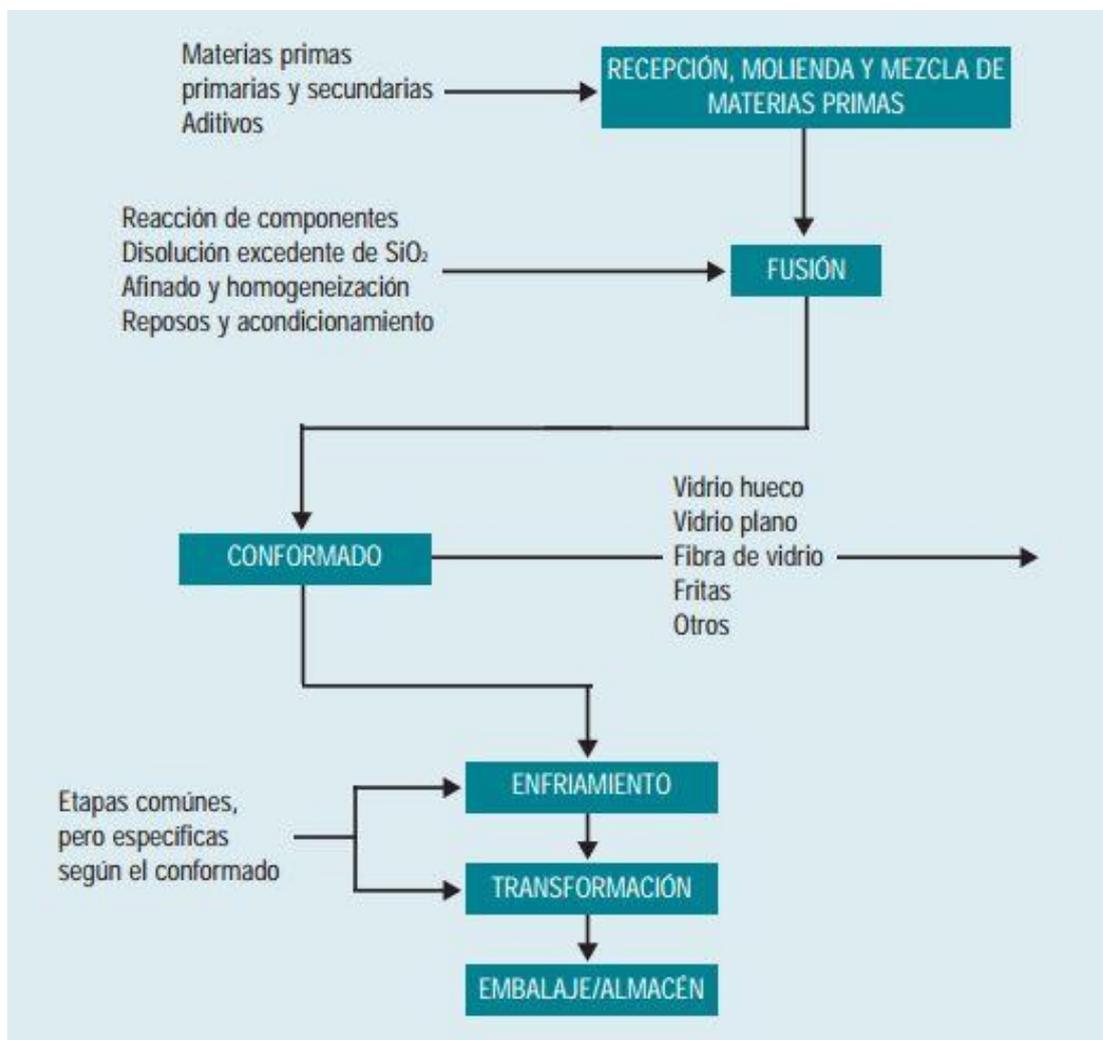


Ilustración 9. Esquema de fabricación del vidrio.

Fuente: Guías Tecnológicas/Fabricación de vidrio (Recuperado el 24 Febrero 2015)

3.1.1 RECEPCIÓN, MEZCLA Y MOLIENDA DE LAS MATERIAS PRIMAS.

En esta etapa las materias llegan a fábrica a través de los suministradores, una vez allí son almacenadas en silos de almacenamiento. A continuación se realiza el pesaje automático de las cantidades exactas de las materias primas mediante básculas electrónicas, lográndose la mezcla adecuada y molienda correspondiente en seco. Las mejores materias primas son aquellas que:

- Facilitan el manejo de la mezcla.
- Reducen la temperatura de fusión.
- Aumentan la velocidad de fusión.
- Reducen las pérdidas y disminuyen la erosión de los refractarios del horno.

Las materias primas que intervienen en la formación de la masa vítrea pueden ser agrupadas en función de los óxidos metálicos que aportan, de la influencia de éstos sobre el producto final o del papel que juegan en el proceso de elaboración del vidrio¹¹.

La diversidad de tipos y productos de vidrio fabricados requiere de una gran variedad de materias primas en diferentes grados de pureza. No obstante, las principales son arenas silíceas y cuarzo, carbonato de sodio, feldespato potásico, calizas y calizas dolomíticas y, cada vez más, casco de vidrio (vidrio reciclado).

Atendiendo a la influencia de los materiales sobre el producto final, también puede hablarse de:

- Componentes principales, cuando entran en la composición (% en peso) en cantidades superiores al 1-2% y cumplen funciones de formadores y modificadores de red. Son principalmente sílice, alúmina, óxidos de calcio, magnesio, sodio, etc.
- Componentes minoritarios, cuando entran en pequeñas cantidades ya sea como impurezas, para cumplir alguna función durante el proceso, o para obtener determinadas propiedades del producto final. Son los afinantes, colorantes, oxidantes, reductores, opacificantes, etc.

Según el tipo de vidrio y las características del producto final, la composición de las mezclas y la participación de cada una de estas materias primas puede ser muy variable. Pequeñas modificaciones pueden conferir a un mismo vidrio propiedades

¹¹ MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA. circa: ca 2003 guías tecnológicas epígrafe 3.3. fabricación del vidrio. Directiva 96/61.

completamente diferentes. De igual manera, para composiciones similares, diferentes parámetros de fusión pueden cambiar las propiedades finales.

A medida que la arena y la ceniza de soda son recibidas, se muelen y almacenan en depósitos en altura, en espera del momento en que serán transferidas a través de un sistema de alimentación por gravedad a los pesadores y mezcladores. En los mezcladores las materias primas son dosificadas y combinadas con vidrio reciclado para formar una mezcla homogénea, la cual es trasladada por medio de cintas transportadoras a un sistema de almacenamiento de cargas donde son contenidas antes de ser depositada en el alimentador del horno de fundición.

3.1.2 FUSIÓN

La elección de un sistema de fusión determinado va a depender de los siguientes factores:

- La capacidad requerida.
- La composición del vidrio.
- Precio del combustible.
- Infraestructuras y características de la instalación disponibles.

Al entrar la carga al horno a través de los alimentadores, ésta flota en la superficie de la masa de vidrio fundida. En esta operación son utilizado tanto hornos de crisol como de tanque o continuos, dependiendo principalmente de la cantidad de vidrio a producir. En general para la producción en menor escala se utilizan hornos de crisol, mientras que en las de mayor se suelen utilizar hornos continuos¹². Atendiendo a la forma, modo de operación del horno y tipo de energía utilizada, puede establecerse la siguiente clasificación:

- Hornos de crisol.
- Hornos de cuba convencionales.
- Hornos eléctricos.

¹² MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. 2007. Guía de mejores técnicas disponibles en España del sector de la fabricación del vidrio. Madrid: Secretaría General Técnica Ministerio de Medio Ambiente, 2007. ISBN. 978-84-8320-389-7.

3.1.2.1 HORNOS DE CRISOL.

Los hornos de crisol son estructuras construidas de material refractario, resistente a los ataques del vidrio a cualquier temperatura.

Un horno de crisoles consta de una sección inferior para precalentar el aire de combustión y una sección superior que contiene los crisoles y actúa como cámara de fusión. De forma que durante el proceso de fundido, no hay contacto directo entre el horno y el vidrio y en general en el horno se pueden utilizar varios crisoles a la vez.

Pueden ser de planta circular (la llama suele ser vertical y no tienen sistemas de recuperación) o rectangular de diferentes capacidades (la llama es horizontal y suelen tener cámaras regenerativas).

El ciclo típico comienza con la carga a mano de las piezas y un calentamiento hasta que vitrifica parcialmente la carga; entonces se añade una segunda y a veces tercera carga. Cuando está completamente fundida se produce el afinado, después del cual se disminuye el flujo de combustible o se corta, permitiendo que el vidrio se enfríe a la temperatura de trabajo.

En estos hornos puede utilizarse cualquier combustible.

Los hornos de crisol son utilizados donde los productos de vidrio son formados manualmente o por soplado a boca.

Un crisol tiene una vida útil de cerca de 30 ciclos pudiendo producir entre 18 y 21 toneladas de vidrio.

- Ventajas:

- Disponible para pequeñas producciones, cargas de entre 100 y 500 kg o de hasta 10-15 T para trabajos en continuo.
- Muy versátiles permitiendo la fusión de diferentes composiciones.
- Compatibles con cualquier sistema de recuperación de calor y sistemas de filtración.

- Desventajas:

- Necesario un mayor control de emisiones.
- Problemas de contaminación de los refractarios.
- Periodos de vida relativamente cortos.

3.1.2.2 HORNOS DE CUBA CONVENCIONALES

Estos hornos, normalmente son de forma rectangular, estando la carga fundida en su interior. Pueden ser intermitentes o continuos.

- Intermitentes. La operación de los hornos intermitentes es similar a la de los de crisol, siendo idénticos sus períodos de funcionamiento. Su capacidad varía de 1 a 10 T. Aunque el consumo de combustible es similar o ligeramente inferior, la menor fragilidad del recipiente puede considerarse como una ventaja.
- Continuos. Estos hornos son similares a los anteriores. Están formados por una cuba, donde se contiene el vidrio fundido, y una cámara de combustión por encima del baño, donde se produce la llama que calienta la carga.

Según el procedimiento utilizado para precalentar el aire secundario de combustión, puede establecerse la siguiente clasificación de hornos de cuba convencionales:

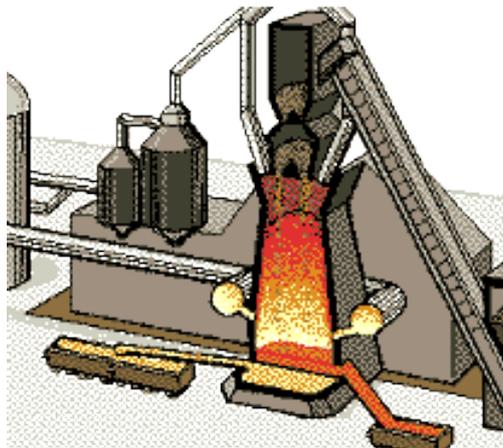


Ilustración 17. Horno de Cuba

Fuente: <http://goo.gl/Z8VyJJ> (Recuperado 03 de Marzo 2015)

A. Hornos con Recuperadores.

Los recuperadores son intercambiadores de calor en los cuales los humos y el aire secundario de combustión circulan en paralelo o a contracorriente, en circuitos de tubos cerámicos o metálicos. La temperatura del aire secundario de combustión a la salida de los intercambiadores, oscila, entre 650 y 950°C. Por su parte, la de los humos al abandonar el equipo de recuperación de calor, se sitúa entre 700 y 950°C.

La capacidad de fusión específica por unidad de superficie de los hornos recuperativos es un 30% inferior a la de un horno regenerativo. Los quemadores están situados a

ambos lados del horno, transversales al flujo de vidrio y queman continuamente desde ambos lados, permitiendo un mejor control y unas temperaturas más estables.

Este tipo de horno se utiliza principalmente en la producción de Vidrio hueco y filamento continuo. Es más adecuado para las instalaciones de pequeña capacidad, aunque no es raro hallar hornos de mayor capacidad (hasta 40 toneladas diarias), y para la producción de vidrios de una calidad elevada.

- Ventajas:

- Menor temperatura de precalentamiento.
- Gran disminución de emisiones si se usan medidas primarias.
- Para pequeñas producciones es rentable y presenta la ventaja de no tener cámaras regenerativas.

- Desventajas:

- Alto consumo de energía.
- Menor eficiencia energética.
- Límite de capacidad (2 T/m²/día frente a las casi 3,2 que puede alcanzarse en los hornos regenerativos)

B. Hornos con Regeneradores.

Existen dos tipos de hornos con regeneradores, según la forma de la llama:

- Hornos de Bucle con Sistemas Regenerativos.

Estos hornos son más pequeños y poseen únicamente dos pórticos ubicados en la pared posterior. La boca del enforraje¹³ está en posición lateral. En cada pórtico hay un quemador cuya llama hace un recorrido en forma de "U" o bucle de ida y vuelta, saliendo por el otro pórtico hacia la cámara de regeneración respectiva.

Se emplean en los procesos de fabricación de vidrio hueco, vidrio prensado, y vidrios colados, para superficies de fusión de 20 a 80 m².

- Hornos con Llamas Transversales con Cámaras de Regeneración.

Los quemadores, entre 4 y 6 por cada lado, son regulables de forma independiente y están dispuestos lateralmente. El sentido de las llamas es perpendicular al de la circulación del vidrio (quemadores transversales).

¹³ Enforraje: sistema de alimentación de la masa vitrificable.

El sistema de recuperación de calor está formado por dos apilamientos de piezas refractarias (regeneradores) que se calientan alternativamente con los gases de la combustión provenientes del horno. Mientras que una cámara está siendo calentada por los gases, la otra precalienta el aire de combustión.

Después de un periodo predeterminado (20-30 minutos) se invierte el ciclo de calentamiento y el aire de combustión se pasa a través de la cámara previamente calentada por los gases residuales.

Presentes en producciones de más de 350 t/día. Se emplea en los procesos de fabricación de vidrio hueco, vidrios colados y vidrio plano, para superficies de fusión comprendidas entre 60 y 350 m².

- Ventajas:

- Mayor eficiencia energética.
- Mejor combustión debido a los sistemas de precalentamiento asociados.
- Menores consumos específicos de energía.
- Menores emisiones de gases de combustión.

- Desventajas:

- Altas emisiones de NOx.

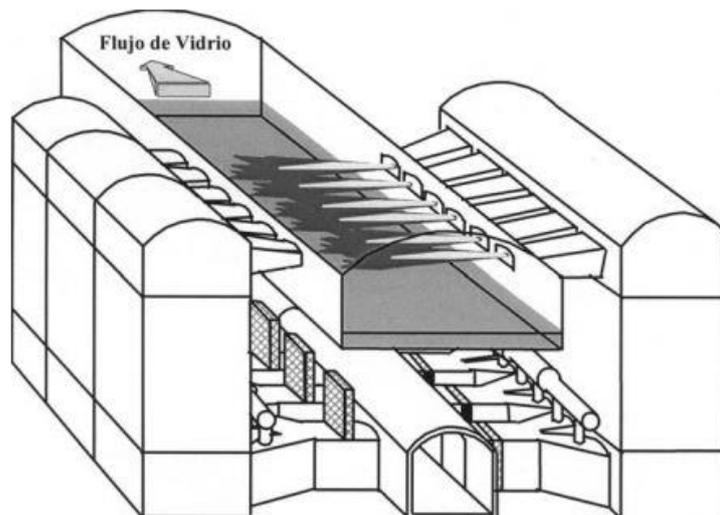


Ilustración 17. Horno de cuba regenerativo
Fuente: guía BREF vidrio (Recuperado 08 de Mayo 2015)

3.1.2.3 HORNOS ELÉCTRICOS

Consisten en una cámara de material refractario de forma más o menos cuadrada y encapsulada en una carcasa normalmente de acero, con electrodos insertados en los laterales, en la parte superior o, más frecuentemente, en la parte inferior del horno. La energía eléctrica es alimentada a partir de una corriente que pasa a través del fundido.

El calentamiento inicial se realiza mediante un combustible. Una vez que se alcanza la temperatura de 1.100°C aproximadamente, para la cual el vidrio se hace buen conductor, se corta el suministro de combustible y comienza a utilizarse la energía eléctrica.

La viabilidad económica de estos hornos tiene un límite máximo de capacidad, que depende del costo de la electricidad en comparación con los combustibles fósiles. Este tipo de horno se utiliza principalmente en la producción de Lanos minerales (lanas de vidrio), vidrio doméstico (muy común sobre todo en el caso del vidrio al plomo y del vidrio opal).

- Ventajas:

- Total eliminación de emisiones de NOX procedente del combustible.
- Reducción de emisiones de volátiles.
- Mejora de la eficiencia energética.
- Mejor calidad y vidrios más homogéneos.

- Desventajas:

- Limitado según el proceso.
- No rentable para grandes producciones.
- Único sistema para determinados procesos.
- Coste energético.
- Campañas cortas de vida de los hornos.

La utilización de una o varias de estas técnicas conjuntamente depende de cada instalación y sobre todo, del tipo y cantidad de materias primas. Generalmente, las instalaciones de recepción y manipulación así como la dosificación y mezcla, están prácticamente en su totalidad automatizadas. Las únicas diferencias suelen darse en la recepción y descarga de las materias primas en los sistemas de almacenamiento, las cuales pueden ser directas o a través de cintas o transporte neumático.

Una vez que se funde, pasa al frente del baño y eventualmente fluye a través de la garganta de carga al refinador, donde es acondicionada térmicamente para descargar al proceso de formado.

3.1.3 CONFORMADO

El comportamiento viscoso-plástico de los vidrios a alta temperatura facilita su moldeado en un amplio intervalo térmico, utilizando para ello diversos procedimientos en función del tipo de vidrio fabricado: colado, soplado, prensado, estirado, flotado, laminado, centrifugado y fibrado.

En cada caso, el vidrio se acondiciona térmicamente en la zona de trabajo para estabilizar su viscosidad. De este parámetro depende la utilización de uno u otro procedimiento de conformado así como la cadencia y el rendimiento de fabricación en los sistemas automáticos.

Después del conformado, se somete al vidrio a un proceso de enfriamiento y recocido, etapa crítica ya que se requiere que el vidrio pase de un estado plástico a un estado rígido con la suficiente lentitud para que su estructura se relaje de forma uniforme y adquiera en todos sus puntos el mismo volumen específico.

3.1.4 ACABADO O PROCESOS SECUNDARIOS

Las etapas de conformado, enfriamiento, transformación, tratamientos posteriores, acabados, etc., son específicas de cada tipo de vidrio.

Una vez realizadas las operaciones de formado, los objetos de vidrio obtenidos, pueden pasar a través de una serie de procesos secundarios y de acabados, entre los cuales destacamos:

- **Desbastado y Pulido.** El desbastado consiste en la abrasión de las superficies para dejarlas planas y paralelas pero translúcidas y el pulido es un tratamiento de las superficies para transformarlas en transparentes.
- **Canteado.** Es la operación de acabado realizada sobre los bordes de las láminas de vidrio, para eliminar al máximo las microfisuras producidas en el corte y evitar que pudieran originarse en el transporte y manejo.
- **Recocido.** El proceso de recocido es utilizado para liberar las tensiones internas del material que causa una extrema fragilidad del producto, que se producen debido al rápido e irregular enfriamiento de la pieza de vidrio durante la operación de formado.

Para ello la pieza es vuelta a calentar y luego enfriada lentamente. La operación se realiza utilizando para ello un horno túnel de recocido, que consiste básicamente en

una serie de quemadores dispuestos en un horno largo, a través del cual son llevadas las piezas de vidrio.

- Templado. Operación de acabado cuyo objetivo es aumentar las tensiones residuales que aparecen en el enfriamiento del vidrio, para aumentar las resistencias mecánicas y obtener vidrios de seguridad. Consiste en el calentamiento de la lámina hasta la temperatura de reblandecimiento y el posterior enfriamiento brusco con agua, aceite o con chorro de aire. Este tratamiento térmico permite fortalecer la pieza de vidrio.
- Pintado. Además de su función decorativa, el pintado es utilizado para darle al vidrio nuevas propiedades físicas, químicas y ópticas.
- Decorado. La operación de decorado puede incluir un trabajo mecánico sobre la pieza de vidrio, lo que se hace sacando o añadiendo material de su superficie. También se puede deformar la pieza tras un calentamiento previo. La finalidad del decorado generalmente es transformar un vidrio transparente en otro translúcido.

3.1.5 CONTROLES

Un alto porcentaje de las inversiones realizadas por la industria vidriera se destinan a garantizar la calidad por el control unitario automático de la totalidad de las piezas fabricadas. Mediante sistemas electrónicos en continuo se verifican las diferentes características, en particular, control de la boca, homogeneidad del espesor y existencia de grietas, piedras y/o burbujas.¹⁴

Además, existe un control muestral que permite conocer en cada instante la distribución estadística de otras propiedades como resistencia a la presión interna, resistencia al rayado y ángulo de desligamiento.

El proceso termina con el embalaje automático de las paletas retractiladas que se distribuyen al mercado.

¹⁴ MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. 2007. Guía de mejores técnicas disponibles en España del sector de la fabricación del vidrio. Madrid: Secretaría General Técnica Ministerio de Medio Ambiente, 2007. ISBN. 978-84-8320-389-7.

3.2 PROPIEDADES FÍSICAS.

El vidrio es una materia amorfa, lo que quiere decir que tiene sus átomos o moléculas desordenados en el espacio. Cuando la materia amorfa es sólida se denomina vítrea. Esta característica es la principal diferencia entre cristal y vidrio como se puede ver en las siguientes imágenes.

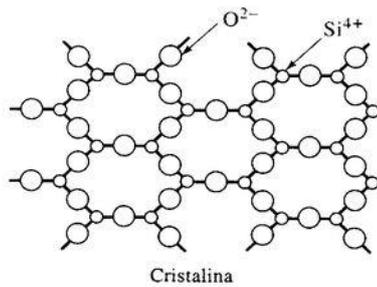


Ilustración 10. Estructura molecular del cristal
Fuente: http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_18/10.htm (Recuperado 03 de Marzo 2015)

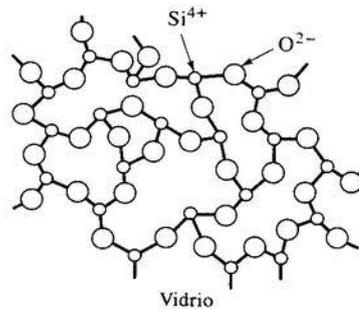


Ilustración 11. Estructura molecular del vidrio
Fuente: http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_18/10.htm (Recuperado 03 de Marzo 2015)

Esta característica es la que va a definir las principales propiedades que definen el vidrio común, el empleado en la construcción (el silico-sodo-cálcico) ya que si se tratase de alguna variante las propiedades se verían modificadas:

- Densidad

La densidad del vidrio es de 2,5 Kg/m². Lo que sería una masa de 2,5 kilos por metro cuadrado y milímetro de espesor en vidrio plano.

- Elasticidad

El vidrio es un material perfectamente elástico, ya que nunca presenta una deformación permanente pero sin embargo es muy frágil, ya que sometido a una flexión creciente se rompe sin presentar signos precursores.

El problema físico de la fragilidad del vidrio radica en una red de fisuras a nivel imperceptible que afectan a la superficie del vidrio y provocan unas tensiones localizadas que minoran la resistencia mecánica del vidrio. Son las fisuras de Griffith¹⁵ y cada una de ellas puede ser el origen de una ruptura general. Así pues, la probabilidad de ruptura aumenta con mayor frecuencia de grietas de Griffith. También aumentará el

¹⁵ Fisuras de Griffith: desarrolladas por la teoría de fisuras del científico Arnold Griffith que estudió los principios de la mecánica de la fractura.

riesgo de ruptura como mayores sean las grietas o debido a sustancias como el agua que ataca las tensionadas uniones atómicas.

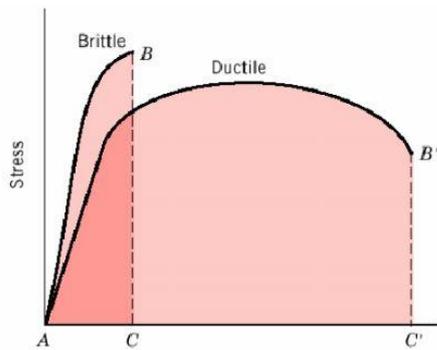


Ilustración 12. Gráfica tensión deformación
Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Fragilidad>
(Recuperado 03 de Marzo 2015)

Que el vidrio sea frágil significa que en el diagrama de tensiones - deformaciones, la línea que surja de la proporcionalidad entre las dos variables es interrumpida bruscamente, es decir que no aparece un periodo plástico donde las deformaciones sigan aumentando más allá de lo que lo hacen las tensiones. Sólo se comportará plásticamente a altas temperaturas. A partir de 600 ° C se deforma plásticamente y en 1000 ° C se funde.

El coeficiente que expresa la fuerza que debería aplicarse teóricamente a una muestra de vidrio para obtener un alargamiento igual a su longitud inicial se expresa mediante la fórmula de Young, E. Según las normas europeas su valor se estima en 70 GPa

- Dureza

El vidrio, como muchos otros materiales tiene una dureza media, es decir, su resistencia a ser rayado es de grado 5-6 sobre 10. (Escala de Mohs).

- Resistencia a tracción:

Teóricamente soporta 70 000kg/cm², 5 veces más que el acero. Pero a la hora de la verdad inferior debido a las fisuras de Griffith solo soporta 400/1000kg/cm², valor muy varía en función del tipo de vidrio y tratamientos a los que haya sido sometido.

- Resistencia a compresión:

Es muy elevada soporta 10.000kg/cm² (1000 N/mm²) y no depende del acabado. Lo que significa que se necesitarían 10 toneladas, para romper un cubo de vidrio de 1 cm de lado.

- Resistencia a la flexión:

La resistencia a flexión es aceptable aunque depende del acabado. Un vidrio trabajando a flexión tiene una de sus caras sometida a compresión y otra sometida a tracción. Para un vidrio templado trabajando a flexo-tracción, la tensión de rotura oscila entre 120 a 200 N/mm²

Cualquier fuerza aplicada sobre el cristal se concentrará sobre cualquier irregularidad en su superficie y debido a que es un material homogéneo porque viene del líquido, las grietas se propagan muy rápidamente. Para evitarlo: Pulir la superficie o mediante tratamientos térmicos como el templado que incrementan su resistencia

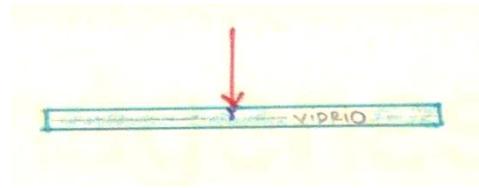


Ilustración 13. Defecto superficial

Fuente: Propia

La resistencia mecánica del vidrio puede aumentarse con un proceso térmico llamado templado.

3.3 PRESTACIONES DEL VIDRIO

Las prestaciones que se demandan a una fachada vidriada son múltiples y dependen de varios factores; como el uso del edificio, su situación geográfica y orientación, el grado de protección frente a agentes externos, la protección acústica, la estética, etc.¹⁶

Las principales prestaciones que ofrecen las estas fachadas y los factores que las determinan, se pueden resumir en:

3.3.1 PRESTACIONES ENERGÉTICAS

TRANSMISIÓN TÉRMICA (U; W/M²K)

Se define como la cantidad de calor que atraviesa el acristalamiento, en estado estable, por unidad de superficie, para lograr una diferencia de temperatura de 1°C entre las dos atmósferas de cada lado de la hoja de vidrio.

¹⁶ AGC. YOURGLASS. Circa: ca 2003 Todo sobre el vidrio (www.yourglass.es)

La cantidad de calor por segundo Q (W) que atraviesa una hoja de vidrio de superficie S (m^2) desde la atmósfera caliente hacia la atmósfera fría es, por lo tanto:

$$Q = S / U (\theta_i - \theta_e)$$

Para el caso de los cerramientos, el CTE establece un valor máximo de transmisión térmica en función de: la zona climática, orientación y huecos acristalados de la fachada.

CONDENSACIONES

En los acristalamientos pueden producirse tres tipos de condensación:

- condensación en la superficie interna: ésta se produce cuando la humedad relativa interna es elevada y/o la temperatura de la superficie interna del vidrio es baja. En condiciones internas normales (edificios con calefacción y sin fuentes específicas de humedad), este tipo de condensación sólo ocurre muy raramente con los dobles acristalamientos de alto rendimiento
- condensación en la superficie externa: ésta puede producirse a veces hacia la madrugada en dobles acristalamientos de alto rendimiento, pero sólo después de una noche despejada y sin viento. En estas condiciones, debido al aislamiento térmico de alto rendimiento del doble acristalamiento, la hoja externa se enfría tanto que se produce condensación en su superficie externa. Se trata de un fenómeno temporal que pone de relieve la eficacia del acristalamiento como aislante
- condensación dentro de la unidad de doble acristalamiento: la eficacia del agente desecante y de las juntas de estanqueidad determina la vida útil del acristalamiento. Si el desecante pierde su eficacia o la junta pierde su hermeticidad, se formará condensación en el interior de la unidad de acristalamiento y ésta deberá ser reemplazada.

PERMEABILIDAD AL AIRE. AISLAMIENTO TÉRMICO.

El acristalamiento simple, de una sola hoja, no es una solución eficaz desde el punto de vista del aislamiento térmico. Así pues, se han ido desarrollando, varias soluciones para reforzar las propiedades aislantes de los acristalamientos.

El doble acristalamiento, el primer tipo de acristalamiento aislante es el acristalamiento doble, que consiste en dos hojas separadas por un espaciador con objeto de proporcionar una cámara llena de aire seco. Dado que el aire tiene una conductividad térmica de $0,025 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (a 10°C), mientras que la del vidrio es de $1 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, la cámara de aire potencia las propiedades aislantes y reduce el valor U_g del acristalamiento.

Otra mejora se logró reemplazando el aire por un gas que tiene una conductividad térmica menor (con objeto de reducir la conducción) y una masa volúmica mayor (con objeto de reducir la convección obstaculizando el movimiento). Pero la diferencia es mínima y el coste mayor por lo que no tuvo mucho éxito.

Finalmente aparecieron los vidrios capa que en la imagen identifican con “guardian sun” éstos lograron reducir la transmitancia sin tener que poner más de una hoja de modo que con un acristalamiento doble pero con una de sus hojas de capa se logran prestaciones mucho más eficientes que con tres hojas.

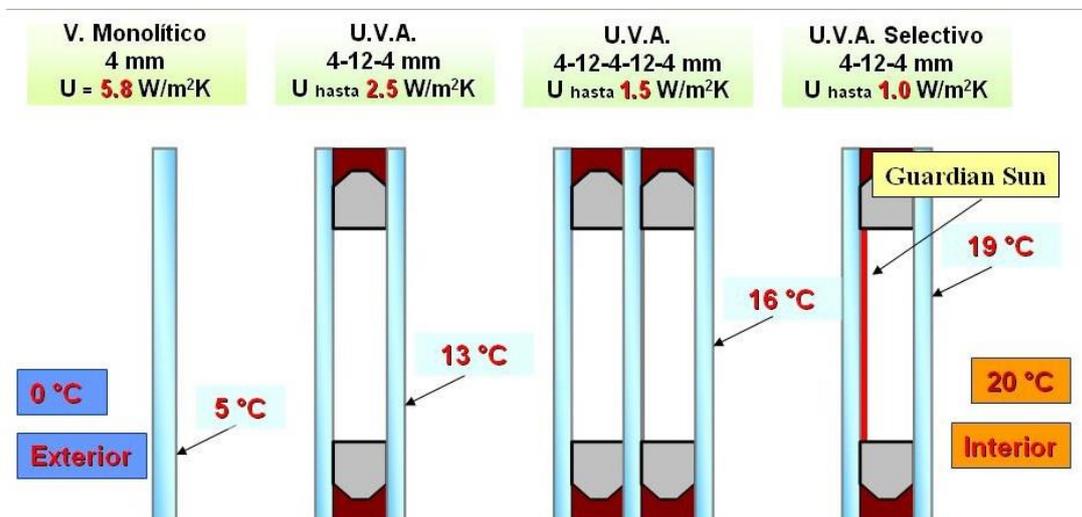


Ilustración 14. Variación de la transmitancia térmica, según el tipo de acristalamiento utilizado.
Fuente: <http://www.cristalyvidrio.com/aislamiento-termico/> (Recuperado 03 de Marzo 2015)

 FACTOR SOLAR (FS)

El Factor solar (FS) de un acristalamiento es la relación entre la energía total que entra en un local a través de dicho acristalamiento y la energía solar incidente. La radiación solar total (entre 300 nm y 2,500 nm) ϕ_e es el resultado de:

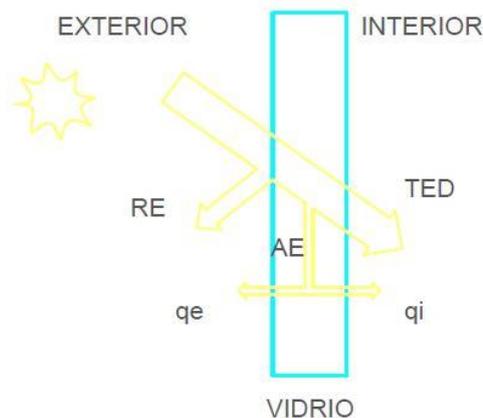


Ilustración 15. Transmisión de radiación solar a través de un vidrio
Fuente: propia

- RE. Una parte reflejada hacia el exterior.
- TED. Una parte transmitida a través del acristalamiento.
- AE. Una parte absorbida por el acristalamiento, donde la energía absorbida por el acristalamiento se divide a su vez en:
 - a. q_i una parte emitida y reenviada hacia el interior.
 - b. q_e una parte emitida y reenviada hacia el exterior.

Estos factores están relacionados entre sí por medio de las siguientes fórmulas:

$$RE + TED + AE = 100$$

$$AE = q_i + q_e$$

El factor solar FS representa la energía total transmitida a través del vidrio. Se trata, así pues, de la suma de la radiación transmitida directamente y de la radiación absorbida y devuelta al interior:

$$FS = TED + q_i$$

$$\% \text{ Factor solar} = \frac{\text{energía solar que atraviesa un vidrio}}{\text{energía solar que incide en el vidrio}}$$

La energía solar que entra en local a través de un acristalamiento es absorbida por los objetos y las paredes interiores, que al calentarse reemiten una radiación térmica situada la mayoría cerca de los infrarrojos, es decir de 5mm de onda. Los vidrios, aun siendo incoloros, son prácticamente opacos a las radiaciones con este tipo de longitud de onda (5mm). De este modo la energía solar que entra queda apresada en el local y este tiende a calentarse. A este fenómeno se le denomina “efecto invernadero”.

Para reducir el recalentamiento y la radiación solar total a través de un vidrio contamos con los vidrios de control solar:

- Vidrio absorbente

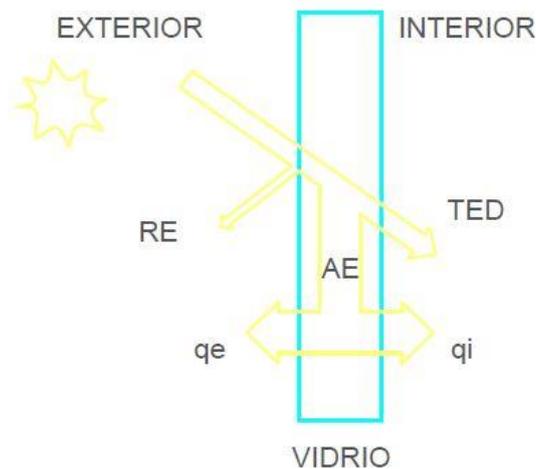


Ilustración 16. Vidrio absorbente
Fuente: propia

Se trata de un vidrio coloreado en masa mediante la agregación de óxidos metálicos. Según el color y el espesor del vidrio, el factor solar varía entre un 40% y un 80%. Este tipo de cristal absorbe una parte de la energía de la radiación solar antes de emitirla tanto hacia el interior como hacia el exterior.

La cantidad de energía emitida, tanto hacia el exterior como hacia el interior, depende de la velocidad del viento así como de las respectivas temperaturas del aire en el exterior y en el interior. Con objeto de disipar el calor hacia el exterior de manera eficaz, el vidrio absorbente debe instalarse lo más cerca posible de la superficie exterior de la fachada. En las fachadas planas, el calor absorbido puede disiparse con mayor facilidad y el nivel de radiación hacia el interior es menor.

El vidrio absorbente viene utilizándose cada vez menos como vidrio de control solar, ya que el desarrollo de las técnicas de aplicación de capas permite fabricar vidrio con capas de alto rendimiento. El vidrio absorbente se calienta más rápidamente que el vidrio convencional.

- Vidrio con capa

Se trata de vidrio con una capa que refleja una parte de la energía solar incidente.

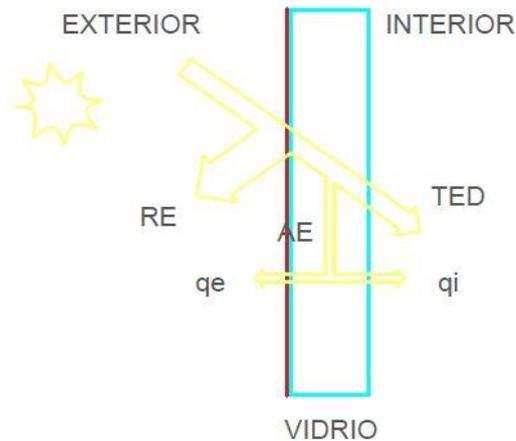


Ilustración 17. Vidrio con capa
Fuente: propia

Existen distintos tipos de capa:

- Capas pirolíticas basadas en óxidos metálicos y aplicados a un cristal claro o coloreado durante el proceso de fabricación del vidrio.
- Capas aplicadas en vacío, metálicas o basadas en óxidos metálicos: puesto que estas capas son más frágiles que las capas pirolíticas deben aplicarse en el interior de una unidad de doble acristalamiento; este tipo de vidrio está disponible en una amplia gama de colores.

Al igual que ocurre con el vidrio absorbente, el problema de posibles fracturas térmicas debe tenerse en cuenta al utilizar vidrios con capa. En algunos casos, es oportuno realizar un estudio preliminar sobre el riesgo de este tipo de fractura.

3.3.2 PRESTACIONES ÓPTICAS

TRANSMISIÓN LUMÍNICA (TL)

De manera análoga, los factores luminosos se definen sólo sobre la base de la parte visible del espectro solar (entre 380 nm y 780 nm).

Los factores de transmisión TL y reflexión de la luz RL se definen respectivamente como las partes de la luz visible transmitida y reflejada por el acristalamiento. La radiación absorbida por el vidrio no es visible y no se suele tener en cuenta.

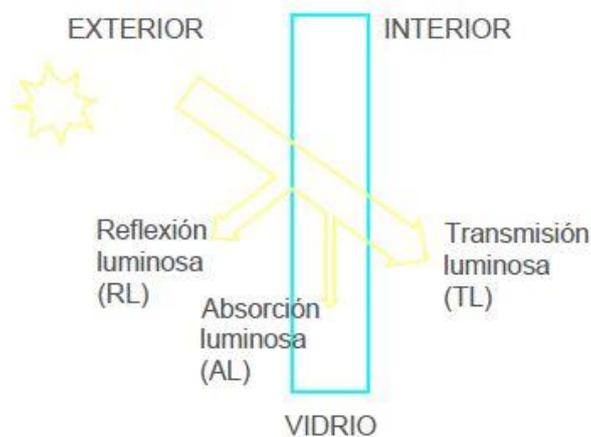


Ilustración 18. Transmisión luminosa

Fuente: propia

- VARIACIÓN CROMÁTICA

Todos los objetos visibles tienen un color específico, ya se trate de objetos transparentes, translúcidos u opacos. El color depende de varios parámetros, entre ellos:

- la luz incidente (tipo de iluminación)
- las características de reflexión y transmisión del objeto de que se trate
- la sensibilidad del observador
- el entorno del objeto observado y el contraste entre dicho objeto y los objetos circundantes.

El color de un objeto obedece a todos estos factores, por lo que el observador no verá siempre el objeto de la misma manera, sino que su percepción variará en función, por ejemplo, de la hora del día o el nivel de luz natural. El vidrio incoloro tiene un matiz de transmisión ligeramente verdoso. Las propiedades ópticas del cristal coloreado varían mucho según el espesor del vidrio. Los cristales “float” con tonalidades bronce, gris, azul y verde reducen la cantidad de energía solar y, por consiguiente, el nivel de transmisión de la luz.

Así pues, la visión a través de los acristalamientos coloreados se ve influida por el color del propio vidrio.

3.3.3 PRESTACIONES ACÚSTICAS

AISLAMIENTO AL RUIDO AÉREO

Las vibraciones emitidas por todo cuerpo en movimiento perturban su entorno. Dichas perturbaciones se difunden en todas las direcciones, desde la fuente hasta alcanzar un posible receptor (el oído). Su velocidad de desplazamiento depende de las propiedades físicas del entorno (en el aire a 20 °C la velocidad es de 340 m/s); no se difunden en el vacío.

Todo acristalamiento montado en un marco proporciona cierto aislamiento acústico. Sin embargo, algunos tipos de acristalamiento tienen características acústicas considerablemente mejores, por ejemplo los acristalamientos compuestos de vidrios laminados con capas intercalares de PVB acústico o de resina, o algunos tipos de doble acristalamiento.

Por lo que se refiere al aislamiento acústico, una sola hoja de vidrio constituye una pared simple y, como tal, obedece a dos leyes acústicas válidas para toda pared constituida por una sola capa, independientemente del material de fabricación de la misma:

- la ley de la frecuencia
- la ley de la masa.

La siguiente tabla indica la frecuencia crítica¹⁷ de acristalamientos simples en función de su espesor.

Espesor (mm)	Frecuencia crítica (Hz)
4	3200
5	2560
6	2133
8	1600
10	1280
12	1067
15	853
19	674

Ilustración 19. Frecuencia crítica de vibrado del vidrio según su espesor.
Fuente: YOUR GLASS. Todo sobre el vidrio (Recuperado 03 de Marzo 2015)

En virtud de la ley de la frecuencia, todos los materiales ofrecen un aislamiento acústico mejor en el caso de los ruidos de alta frecuencia. No obstante, a menudo es necesario aislar los edificios contra los ruidos de baja frecuencia

Aumentar el espesor de un vidrio simple, lo que teóricamente mejora su aislamiento acústico, plantea el inconveniente de que de esta manera se desplaza la frecuencia crítica hacia las bajas frecuencias, debilitando así el aislamiento contra los sonidos graves.

- los vidrios simples proporcionan un nivel de aislamiento (R_w) de aproximadamente 29 dB (para un espesor de 4 mm) y llegan hasta 35 dB para un espesor de 12 mm.
- los vidrios laminados tienen un valor R_w de unos 33 dB para una composición de 33.2, y llegan hasta 39 dB para la composición 88.2

Para garantizar un buen aislamiento acústico del edificio, la frecuencia de resonancia del sistema masa-muelle-masa debe ser inferior a 100 Hz. Esta condición no se cumple con un doble acristalamiento compuesto de dos hojas de vidrio del mismo espesor y una cámara de 12 ó 15 mm; el aislamiento acústico de los dobles acristalamientos en la gama de frecuencias medio-bajas es limitada.

- utilizar siempre una composición asimétrica
- utilizar una cámara de aire amplia en la mayoría de los casos, usar vidrio espeso

¹⁷ Frecuencia crítica: Fenómeno que aparece cuando la longitud de onda de la onda sonora incidente en una partición es igual a la longitud de las ondas de flexión de la partición, produciéndose un descenso muy acusado en el aislamiento acústico.

- utilizar vidrio laminado (PVB tradicional o de seguridad) para reemplazar uno de los dos vidrios monolíticos
- utilizar un vidrio laminado con PVB acústico para contrarrestar los elevados niveles de perturbaciones sonoras.

3.3.4 PRESTACIONES MECÁNICAS

RESISTENCIA AL IMPACTO. EN 12600

La resistencia al impacto la determinamos con el “Ensayo del péndulo” para vidrios planos, donde se describe la clasificación de los vidrios en función del impacto de un cuerpo blando. Donde el vidrio es clasificado en función del riesgo de lesiones corporales y defenestración.

La clasificación distingue entre altura de caída y tipo de rotura.

> Altura de caída:

- 1: 1200 mm
- 2: 450 mm
- 3: 190 mm

> Tipo de rotura:

- fractura con fragmentos separados (vidrio recocido, termoendurecido, endurecido químicamente)
- fractura con fragmentos unidos (vidrio laminado, armado, recocido con película)
- desintegración en partículas (vidrio templado).

- SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN

El vidrio de seguridad es aquel que, en caso de romperse, lo hace en forma segura para las personas. Los vidrios de seguridad por excelencia son el laminado y el templado.

Pero seguridad es un concepto muy amplio, que incluye numerosos aspectos:

- protección de las personas contra el riesgo de lesiones provocadas por:
 - fragmentos de vidrio cortantes
 - caída al vacío (defenestración).
- protección de los bienes y seguridad antirrobo y contra los actos de vandalismo en viviendas privadas, almacenes y oficinas; en este caso, el vidrio debe mantenerse en pie para impedir la entrada de personas u objetos
- protección contra las armas de fuego
- protección contra las explosiones.

Sólo dos tipos de vidrio cumplen dichos criterios relativos a la resistencia, la fragmentación y la defenestración: los vidrios templados y los vidrios laminados. Los demás productos (p.ej. los vidrios “float”, endurecidos y armados) no forman parte de la categoría de los vidrios de seguridad.

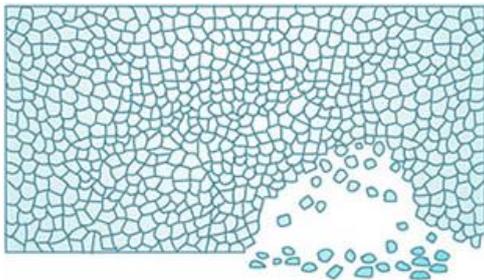


Ilustración 20. Rotura de un vidrio templado
Fuente: http://dvidrio.com/site_02/vidrio-templado/ (Recuperado 03 de Marzo 2015)

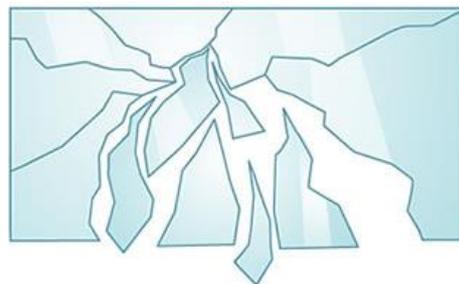


Ilustración 21. Rotura de un vidrio normal
Fuente: http://dvidrio.com/site_02/vidrio-templado/ (Recuperado 03 de Marzo 2015)

- RESISTENCIA AL FUEGO

La resistencia al fuego se mide en minutos y, para determinarla, se consideran tres niveles de características principales:

- R (capacidad de resistencia a las cargas)
- E (integridad)
- I (aislamiento)

Para realizar un ensayo de resistencia al fuego de un producto de construcción, se deben cumplir los requisitos generales expuestos en la norma EN 1363-1 (sucesivamente modificados por métodos alternativos) así como los requisitos del método de ensayo específico para el elemento de construcción de que se trate.

Por lo general, las pruebas sobre vidrios se realizan de conformidad con la norma EN 1364-1 "Ensayos de resistencia al fuego para elementos no portantes - Parte 1: Paredes".

3.3.5 OTRAS PRESTACIONES

- Auto-limpieza

La contaminación exterior y la presencia continua de polvo alteran las propiedades de una ventana, lo que reduce los aportes solares.

Gracias a que los vidrios autolimpiables permanecen limpios durante mucho más tiempo que los tradicionales, se logra no sólo un ahorro de agua y detergente sino también de tiempo.

- Calidad de aire interior

Hoy en día, mucha gente pasa más del 90% de su tiempo en el interior de vehículos o edificios. Por lo tanto la calidad del aire interior es primordial.

A diferencia de otros materiales que desprenden partículas al aire, el vidrio es inerte. En concreto, el vidrio de la ventana y otras partes de un edificio, emiten cero COV (compuestos orgánicos volátiles).

- Confort visual

La luz natural es una parte esencial del bienestar del ser humano. Como material transparente, el vidrio permite que la luz penetre en el interior del edificio ofreciendo el contacto visual con el exterior.

Los vidrios impresos y texturizados difuminan la luz, salvaguardando la privacidad y creando espacios habitables y contemporáneos.

3.4 VARIEDADES ACTUALES

Mediante distintos procesos de transformación, pueden crearse numerosos tipos de vidrio. Al describir los productos de vidrio, es oportuno distinguir entre:

- productos básicos, es decir, vidrios de silicato sodocálcico obtenidos mediante un simple procesamiento en el horno, sin otros tratamientos adicionales
- productos transformados, es decir, vidrios obtenidos mediante la elaboración de los productos básicos.

3.4.1 PRODUCTOS BÁSICOS

- Vidrio plano (float) (EN 572-1, 2)

Vidrio de silicato sodocálcico, plano, incoloro, claro o coloreado (verde, gris, bronce, azul). El vidrio “float” es el vidrio básico utilizado en todos los procesos de transformación sucesivos.

Los espesores estándar para aplicaciones arquitectónicas son 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 19 y 25 mm; tamaño máximo: 18000 x 3300mm

- Vidrio impreso (EN 572-1, 5)

Vidrio con un motivo decorativo impreso en una o ambas caras. Se obtiene haciendo pasar la hoja entre dos rodillos durante el proceso de fabricación.

La cadena de producción del vidrio colado es parecida a la del vidrio “float”, excepto que la fase de flotación en el baño de estaño es reemplazada por el proceso de conformación entre los dos rodillos.

- Vidrio armado (EN 572-1, 6)

Vidrio impreso en el que, antes del calandrado, se introduce una malla metálica con objeto de detener los fragmentos de vidrio en caso de rotura; la malla no afecta a la resistencia mecánica del vidrio.

3.4.2 PRODUCTOS TRANSFORMADOS

- Vidrio con capa (EN 1096-1/3)

Vidrio obtenido aplicando una o más capas de materias inorgánicas que modifican sus propiedades físicas (factor solar, emisividad, color, transmisión luminosa, reflexión luminosa, etc.).

La norma EN 1096-1 indica la clasificación de los vidrios con capa conforme a su uso previsto y sus propiedades:

- clase A: el vidrio con capa puede utilizarse para aplicaciones tanto interiores como exteriores
- clase B: el vidrio con capa puede utilizarse en versión monolítica pero la cara con capa debe orientarse hacia el interior del edificio
- clase C: el vidrio con capa sólo puede utilizarse en acristalamientos aislantes y debe orientarse hacia el espaciador
- clase D: el vidrio con capa sólo puede utilizarse en acristalamientos aislantes y debe orientarse hacia el espaciador; el acristalamiento aislante debe ensamblarse inmediatamente después de la fabricación de la capa; por consiguiente, estas capas no están disponibles en versión monolítica
- clase S: el vidrio con capa puede utilizarse sólo para determinadas aplicaciones específicas, ya sea interiores o exteriores (por ejemplo, escaparates de tiendas).

- Vidrio con capa magnetróica

Vidrio “float” incoloro o coloreado (de la cadena de producción de vidrio “float”) con capa realizada a partir de metales u óxidos metálicos depositados al vacío con un proceso magnetróico. Para realizar productos multicapa de elevadas prestaciones se utilizan varias zonas de depósito.

- Vidrio con capa pirolítica

Las capas basadas en óxidos metálicos se aplican al vidrio “float” incoloro o coloreado directamente en la cadena de producción, al salir el vidrio del baño de estaño, cuando el vidrio ha alcanzado una temperatura de aproximadamente 600°C. El vidrio adquiere así elevados niveles de resistencia mecánica y química. Estos vidrios con capa pueden emplearse de distintas maneras: vidrio simple, templado, curvado, esmaltado o serigrafiado.

Dichas capas proporcionan asimismo un elevado nivel de control solar.

- Espejos (EN 1036-1)

Vidrio al que se aplica una capa reflectante; la capa, a su vez, está protegida por una capa de laca. El proceso de fabricación de los espejos se denomina plateado.

- Vidrio antibacteriano

El proceso, elaborado y patentado por AGC, consiste en la difusión de iones de plata en las capas superiores del vidrio: los iones entran en contacto con las bacterias, bloquean su metabolismo y las destruyen al interrumpir su mecanismo de división. El efecto antibacteriano del vidrio es constante en el tiempo, incluso en presencia de humedad o temperaturas que podrían favorecer el desarrollo de bacterias o mohos.

- Vidrio lacado

Vidrio con una cara revestida de una capa de laca de gran calidad. Disponible en numerosos colores.

- Vidrio mateado

Vidrio mateado al ácido, total o parcialmente. El ácido ataca la superficie de la hoja y confiere al vidrio un aspecto translúcido y un fino acabado mate.

- Vidrio satinado

Vidrio sometido a un tratamiento de esmerilado con arena, es decir, un chorro de arena abrasiva a alta presión; este proceso permite crear motivos uniformes o con distintos tipo de relieve.

- Vidrio laminado (EN 12543-1/6)

Conjunto de, por lo menos, dos hojas de vidrio ensambladas con una lámina intercalar que abarca toda la superficie. La lámina intercalar puede estar compuesta de uno o más films de material plástico (PVB, EVA, etc.), resina, silicato o gel, cuya función es asegurar la unión de las dos hojas así como mejorar las características del producto acabado.



El elevado rendimiento del vidrio puede referirse a:

- la seguridad de los bienes y las personas (limitación del riesgo de lesiones en caso de rotura, protección contra las caídas, protección contra los actos de vandalismo y los ataques manuales, etc.)

Ilustración 22. Sección vidrio laminado
Fuente: <http://cristaleriaiga.es/>
(Recuperado 06 de Abril 2015)

- la protección contra los proyectiles y las explosiones
- la protección contra el fuego
- el aislamiento acústico
- las cualidades estéticas del vidrio.

➤ Vidrio laminado con leds integrados

Gama de vidrios laminados en los que se han integrado diodos electroluminiscentes (RGB o mono color). Los leds son alimentados por un cable invisible de altas prestaciones.

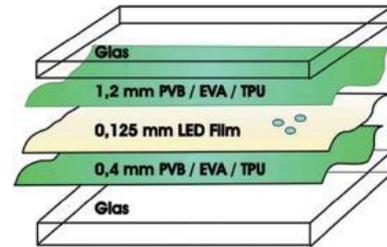


Ilustración 23. Sección de un vidrio con leds
Fuente: <http://goo.gl/Jv2X9K>
(Recuperado 06 de Abril 2015)

- Vidrio templado (EN 12150-1)

Vidrio sometido a tratamiento térmico: calentado a 600°C y luego enfriado rápidamente mediante chorros de aire.

En la superficie del vidrio se crea así un estado de compresión que aumenta su resistencia a las cargas mecánicas y térmicas y le confiere las características de rotura exigidas.

En caso de rotura, el vidrio se rompe en fragmentos no cortantes y más pequeños que los que produce la rotura de un vidrio recocido, limitándose así el riesgo de lesiones; el vidrio templado se considera un vidrio de seguridad que proporciona protección contra las lesiones y que, por lo tanto, puede utilizarse para determinadas aplicaciones específicas (mamparas de ducha, tabiques, etc.).

- Vidrio templado y sometido a tratamiento "Heat Soak Test" (HST) (EN 14479-1)

El vidrio templado puede someterse a un tratamiento térmico adicional, concebido para eliminar buena parte de los vidrios que contienen cristalizaciones inestables de sulfato de níquel, evitándose así la rotura espontánea del vidrio.

- Vidrio endurecido (EN 1863-1)

Vidrio sometido a un tratamiento térmico consistente en calentar el vidrio hasta aproximadamente 600°C y enfriarlo luego en una atmósfera controlada mediante un flujo de aire; con respecto al vidrio templado, el proceso de enfriamiento es más lento.

En la superficie del vidrio se crea un estado de compresión que aumenta su resistencia a las cargas mecánicas y térmicas y le confiere las características de rotura exigidas.

Sin embargo, en caso de rotura, el vidrio endurecido se rompe en grandes trozos cortantes, al igual que ocurre con el vidrio “float” y, por consiguiente, no pertenece a la categoría de los vidrios de seguridad.

Los vidrios endurecidos no precisan ser sometidos al tratamiento

- Vidrio esmaltado (EN 1863-1, in 12150-1, in 14479-1)

En este proceso, la superficie del vidrio se reviste, en su totalidad, de una capa de esmalte vítreo durante la fase de templado o endurecimiento. El vidrio esmaltado se emplea a menudo para realizar placas de antepecho.

- Vidrio serigrafiado (EN 1863-1, EN 12150-1, EN 14479-1)

Proceso parecido al esmaltado; el esmalte se aplica sobre una cara del vidrio, utilizando para ello una matriz, y posteriormente se somete a un proceso de vitrificación durante la fase de templado o endurecimiento.

- Vidrio templado químicamente (EN 12337-1)

Vidrio “float” reforzado químicamente por medio de un intercambio iónico que aumenta la resistencia a las tensiones mecánicas y térmicas.

Los iones de pequeño diámetro en la superficie y los bordes del vidrio son reemplazados por iones de mayor diámetro. De esta manera se crea compresión en la superficie y los bordes.

El vidrio templado químicamente se utiliza fundamentalmente para aplicaciones específicas, por ejemplo en el sector de la iluminación y el sector aeronáutico.

- Acristalamiento aislante (EN 1279-1/6)

Se trata de unidades selladas en origen, compuestas de varias hojas de vidrio (doble o triple acristalamiento) separadas por una cámara de aire seco y/o de gas aislante, y unidas por un espaciador.

El principal objetivo de estas unidades es asegurar un aislamiento térmico superior al de un vidrio simple. Por otro lado, utilizando componentes adicionales, es posible complementar las características aislantes del acristalamiento con otras propiedades: por ejemplo, control solar, aislamiento acústico y seguridad.

En un doble acristalamiento, las caras de los componentes suelen numerarse del 1 al 4 (desde el exterior hacia el interior).

- Vidrio curvado

El vidrio curvado recocido se obtiene a partir del calentamiento lento de una luna de vidrio plano que, al alcanzar su punto de plasticidad, cae por gravedad sobre un molde hecho a medida. Una vez conseguida la geometría deseada, empieza un proceso clave conocido como “recocido” (enfriamiento lento del vidrio) que determinará la calidad visual y estructural del producto final.

Puede ser suministrado como vidrio monolítico, templado, laminado (con dos o más hojas), en unidades de doble acristalamiento, con vidrios de control solar, serigrafiados... y toda una larga lista de posibilidades. Las dimensiones son variables en función de los parámetros: radio, flechas, espesor, arco, formas... Hoy, prácticamente, se pueden conseguir todas las formas posibles de curvatura, incluso de dobles curvaturas (sobre dos ejes distintos).

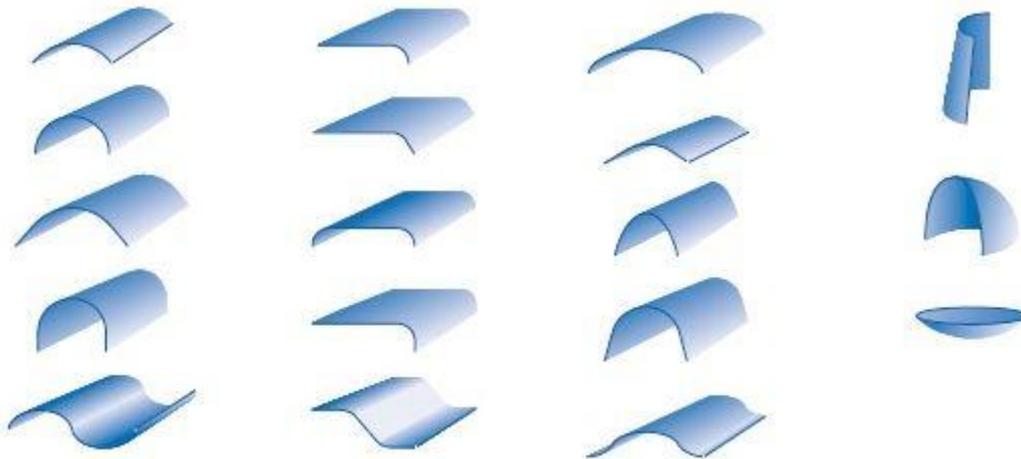


Ilustración 24. Diferentes tipos de vidrios curvos.

Fuente: http://www.corbalan.com/_Productos/vidriosdecoracion/curvado/curvadosdecorativos.html
(Recuperado 11 de Mayo 2015)

4. LUZ Y VIDRIO

Pese a su naturaleza inmaterial, la luz natural es tan eficaz para iluminar como cualquier otra sustancia física. Posee una presencia a la que se puede dar forma y modelar como si se tratara de un material escultórico convencional.

La luz es una onda electromagnética, compuesta por partículas energizadas llamadas fotones, capaz de ser percibida por el ojo humano y cuya frecuencia o energía determina su color.

Diferentes teorías se han ido desarrollando para interpretar la naturaleza de la luz hasta llegar al conocimiento actual. La teoría corpuscular (Newton), la teoría ondulatoria (Huyguens), la teoría electromagnética (Maxwell), la teoría cuántica (Planck) y la teoría unificada (De Broglie y Heisenberg). Todos estos estudios y modelos permitieron detectar que todas las radiaciones son de naturaleza electromagnética y solo difieren entre sí por su longitud de onda.

El papel que desempeña en la arquitectura a través de la penetración en el edificio produce efectos muy diferentes, no solo según las condiciones exteriores tipo de cielo, contaminación, estación, hora del día, y condiciones de ocupación del entorno; sino también en función del emplazamiento, orientación, inclinación, tamaño y tipo de los vidrios. Si a esto le sumamos todas las nuevas posibilidades de jugar con la luz artificial tenemos como resultado un millón de posibilidades en las que se pueda manifestar la luz en la arquitectura.

El vidrio en este caso es el elemento encargado de permitir el paso entre los dos entornos el exterior y el interior. La cantidad de luz captada en un local depende de la naturaleza de la fuente y del tipo de vidrio empleado, dos propiedades en las que vamos a profundizar en este apartado y de su rugosidad, de su espesor y de su estado de limpieza. La luz puede provenir de varias fuentes, por ejemplo la luz del Sol, de una lámpara, una llama, etc.

4.1 FUENTES DE LUZ

La luz que puede penetrar o salir de una edificación, depende de dos fuentes fundamentales.

A. De una fuente natural, la luz del sol.

La luz natural es una parte esencial del bienestar humano. El vidrio permite que la luz natural penetre en el corazón de un edificio y proporcione una apertura al mundo exterior. Es esencial para nuestra comodidad. Pero también es muy importante cuando se habla de ahorro de energía. La luz natural es gratis, y procede de una fuente totalmente renovable. Si sabemos optimizarla nos ofrece una iluminación eficaz durante el día.¹⁸



Ilustración 25. Gran central terminal de New York
Fuente: historiasdenuenyork.es (Recuperado 09 de Abril 2015)

Cuando hablamos de la luz natural nos referimos a la combinación de radiación solar directa y difusa del cielo. Los inconvenientes principales de la luz natural son la carga térmica que puede llevar y su impredecibilidad

Además la luz natural es intrínsecamente mejor que cualquier fuente artificial produciendo un perfecto rendimiento de los colores. La tonalidad de la luz natural dependerá de la hora, por las mañanas será blanca y al atardecer rojiza.

¹⁸ SAINT-GOBAIN GLASS.2015 Eco-beneficios del vidrio [<http://es.saint-gobain-glass.com/es/medioambiente/glass-eco-benefits.htm>]

La cantidad de luminosidad cambia de acuerdo con el tamaño del espacio por donde ingresa al ambiente, y se regula mediante cortinas o equivalentes. Se puede graduar la intensidad de la luz natural que penetra en un ambiente utilizando vidrios especiales o elementos auxiliares como persianas, cortinas, estores, etc.

B. De una fuente artificial, energía eléctrica.

La luz artificial es indispensable cuando la natural desaparece. Si en una habitación bien decorada no se han tomado en cuenta los cambios de luz, todo su encanto desaparece cuando la iluminación se torna deficiente. Si se conocen y manejan óptimamente los efectos que produce cada tipo de luz artificial, ésta no representará ningún problema.

Por eso son tan interesantes las cualidades del vidrio, ya que es un material sobre el que pueden proyectarse imágenes, trabajar con diferentes grados de reflexión, opacidad y transparencia.¹⁹

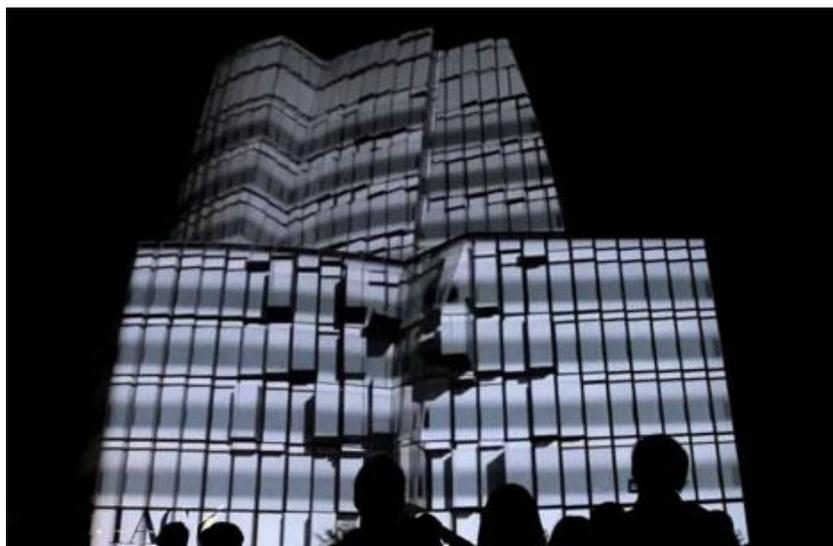


Ilustración 26. Mapping sobre IAC building, New York
Fuente: <http://goo.gl/A7JBj9> (Recuperado 09 de Abril 2015)

Sirve como campo de investigación sobre el espacio contemporáneo. Lo interesante del vidrio es la cantidad de matices que proporciona, y no su condición de transparencia absoluta. Ofrece una complejidad de respuestas ante diferentes condiciones de iluminación, y su cualidad como encaje que puede tornarse, por ejemplo mediante la superposición de serigrafías, en un plano con espesor.

¹⁹ PAREDES LEVEAU, JOHAN. 2015 Iluminación Natural, Artificial y Ventilación [http://es.slideshare.net/jparedesleveau/iluminacin-natural-y-artificial]

El vidrio permite incrementar la complejidad plástica de un edificio sin complicar las formas; jugar con la luz como forma de programar el espacio, modificar el lugar a lo largo del día y superponer signos.²⁰

4.2 ESTADOS DE LA LUZ

4.2.1 TRANSPARENCIA

“La forma transparente se da cuando profundidad y superficie se manifiestan al mismo tiempo a nuestra vista”. (Ernst Jünger.)

La transparencia es la propiedad física de permitir que la luz pase por un cuerpo. Esta fue la cualidad más destacada del vidrio a lo largo del tiempo en la arquitectura ya que permitía cerrar un hueco permitiendo aun así el paso de la luz. Actualmente el vidrio cumple más que la función de cerrar un hueco, un espacio. Desde un punto de vista arquitectónico se trata que un observador efectúe el reconocimiento visual simultáneo, sin distorsión ni ambigüedad, de todo lo que delimita su ámbito espacial interior como de su entorno exterior. Fomentando la invisibilidad del límite para crear la “continuidad” del espacio estando aun así el límite presente.

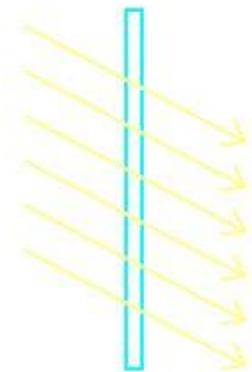


Ilustración 27. Transparencia
Fuente: Propia

La transparencia absoluta, en la modernidad arquitectónica, transforma la fachada en un plano donde queda establecida una doble condición simultánea: es una superficie de encuentro y diálogo pero a la vez de límite y separación

“Se deja entrar la luz, se demuele el concepto de ventana que produce una abertura, se demuele el concepto de muro que al aligerarse se hace transparente. Todo esto, con el objetivo de desmaterializar lo que hasta entonces había impedido la identidad entre interior y exterior”²¹

²⁰ ALEJANDRA NOVILLO, M. 2003. Esencia y cambio en el concepto de límite. [tesina] tutor: Jorge Mele. Belgrano: Universidad de Buenos Aires.

²¹ JOFRÉ MUÑOZ y AROZTEGUI MASSERA, 2010. La transparencia y la exclusión: ver pero no estar.

El plano de fachada, antes constituido por la continuidad de un muro dentro del cual se practicaban las aberturas para alojar las ventanas, ahora se convierte en un plano “vacío”, un plano continuo de cerramiento dentro del cual esa cualidad propia de la ventana como es la visión delimitada del exterior tiende a desaparecer. Esta apertura visual del espacio tiene por objetivo establecer un nuevo modo de relación de igualdad y armonía entre el hombre y el mundo que le rodea.

Algunas obras y arquitectos más destacados en este campo son:

Casa Farnsworth

- Proyecto de: Ludwig Mies van der Rohe²²
- Año de construcción: 1946-1950
- Ubicación: Plano, Illinois, USA



Ilustración 28. Casa Farnsworth. Fuente. <http://goo.gl/cXdJgv> (Recuperado el 09 Abril 2015)

Convertida en uno de los iconos de la arquitectura contemporánea, se caracteriza por ser una simple estructura metálica que sólo se cierra con vidrio. El pabellón vidriado que parece flotar, tiene una fuerte relación con su entorno, donde, en todos los aspectos, se mantiene la voluntad de preservar el orden natural del lugar, siendo la esencia de la simplicidad en su volumen de forma pura.

²² Ludwig Mies van der Rohe (Alemania, 1886 – Chicago 1969): fue un arquitecto y diseñador industrial muy destacado del siglo XX que dirigió la escuela Bauhaus y que realizó diseños muy innovadores de acero y vidrio.

Al estar envuelta en vidrio responde a la concepción de un mirador, con lo que se brinda homenaje a la belleza del espacio que circunda la casa. La transparencia permite que desde el interior se tenga plena conciencia del paisaje, pero también actúa a la inversa, incorporando el espacio interior de la vivienda al territorio de forma radical. El arquitecto elige conscientemente las condiciones del lugar que asume y el modo de afrontarlas.

El acristalamiento completo de las paredes de la casa es el que logra percibir a través de ella el paisaje en el que se inserta, de forma que el edificio pasa a formar parte del propio medio natural, haciéndose casi invisible.

Apenas unos años más tarde e inspirado por Mies van der Rohe Farnsworth House, la Casa de Cristal de Philip Johnson, en Connecticut, USA, con sus proporciones perfectas y su simplicidad, es considerada otra de las primeras obras más brillantes de la arquitectura moderna.



Ilustración 28A. The Glass House.

Fuente: <http://theglasshouse.org> (Recuperado el 18 Marzo 2015)

Rolex learning center

- Proyecto de: SANAA
- Año de construcción: 2010
- Ubicación: Lausana, Suiza



Ilustración 29. Rolex learning center.

Fuente: <http://rolexlearningcenter.epfl.ch/> (Recuperado el 18 Marzo 2015)

El Rolex Learning Center funciona como laboratorio para el aprendizaje, biblioteca y un centro cultural internacional de la EPFL, abierto tanto a estudiantes y al público. Repartidas en un espacio fluido único de 20.000 metros cuadrados. Es un edificio muy innovador, con pendientes y terrazas suaves y ondulantes en torno a una serie de "patios" internas, con las ayudas casi invisibles para su techo curvado complejo, que requerían completamente nuevos métodos de construcción.

Pioneros de una arquitectura que une simplicidad estética y complejidad técnica. Para acometer este gran espacio, SANAA proyecta una forma que viene definida por dos láminas paralelas onduladas (suelo-techo) y perforadas con células lumínicas que atraviesan la planta. Para el suelo construyen una losa continua de hormigón visto, el techo se realiza con estructura de madera laminada que rematan con lámina de acero para aligerar peso a la estructura, y el cerramiento se realiza en vidrio continuo. Estos tres elementos arquitectónicos (suelo-techo y cierre) serán los generadores de un espacio innovador.

El deslinde de unas a otras será solo visual, no hay muros de separación como en las zonas de estudio tradicionales, donde las aulas y pasillos están claramente diferenciados. Son las cimas y las bases de las ondulaciones las que separan los distintos usos del espacio. Frente a la idea de un espacio jerárquico y permanente se proyecta un espacio unificado y dinámico, con el objetivo de que los usuarios se relacionen de forma equitativa

Según los los arquitectos: “El Rolex Learning Center, ilustra nuestra visión de la universidad en la que no hay fronteras entre las diversas disciplinas y donde matemáticos e ingenieros están en contacto con especialistas en neurociencias y técnicos en microelectrónica para concebir nuevas tecnologías que mejoren la vida. Invitamos al público a que disfrute de este espacio y se impregne de la idea de que trabajar por la ciencia es trabajar por el avance de la sociedad.”²³



Ilustración 30. Rolex learning center.

Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/> (Recuperado el 18 Marzo 2015)

Otras de las últimas obras del grupo Sanaa, del cual se puede decir que son unos amantes del vidrio son Glass Pavilion (2006) y Louvre Lens (2013)

El Louvre Lens es un museo situado en Francia creado para el Prêmio Pritzker, diseñado en el 2006 en colaboración con el estudio de Imrey Culbert de Nueva York y que abrió sus puertas en 2012. El museo está emplazado en una antigua mina proclamando así la intención del museo de participar en la transformación de la zona minera, manteniendo al mismo tiempo la riqueza de su pasado industrial. La estructura está compuesta de cinco edificios de acero de vidrio. Hay cuatro rectángulos y un cuadrado grande con paredes ligeramente curvadas.

²³ <http://www.arquidiario.com/2010/02/sanaa-hace-fluir-el-saber-en-lausana.html> 18 FEB. 2010



Ilustración 31. Louvre Lens.

Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/> (Recuperado el 18 Marzo 2015)

El Glass Pavillon es muy similar, esta situado en Ohio y fue construido en el año 2006 como fruto de una ampliación del “Toledo Museum of Art”. Este se caracteriza por una radical inmaterialidad, constituida por paramentos blancos y transparentes como elemento principal.



Ilustración 31A. Glass Pavillon.

Fuente: <http://www.archdaily.com/54199/glass-pavilion-at-the-toledo-museum-of-art-sanaa-pritzker-prize-2010/> (Recuperado el 18 Marzo 2015)

Tree in the House

- Proyecto de: A. Masow Design Studio
- Año de construcción: 2013
- Ubicación: Kazajstán



Ilustración 32. Tree in the house.

Fuente: <http://www.amasow.com/tree-in-the-house/the-house/> (Recuperado el 18 Marzo 2015)

Esta casa situada en las montañas de Almaty, entre el bosque de abetos. Se creó para que se sienta más fusión con la naturaleza y renunciar a algunas condiciones y cosas innecesarias. La casa tiene que ser algo que sólo puede desarrollar su desarrollo espiritual y creativo.

Su forma cilíndrica de vidrio de tres plantas, acoge a un abeto de 12 metros. Cuenta con una escalera de caracol que permite a los que están dentro para moverse entre los niveles sin perder nunca el contacto con la zona ajardinada. También tiene una cocina, sala de estar y baño, este impresionante diseño claramente no es para fomentar una vida privada.

Este diseño de palacio entre las hojas, está inspirado en la arquitectura de las tiendas de Apple. Las cuales ya no es la primera vez que muestran su gusto por la arquitectura de vidrio.



Ilustración 33. Apple store Shanghái.
Fuente: www.architect.com
(Recuperado el 24 Marzo 2015)

4.2.2 TRANSLUCIDEZ

“La arquitectura es el juego magistral, perfecto y admirable de los volúmenes que se reúnen bajo la luz. Nuestros ojos están hechos para ver las formas en la luz y la luz y la sombra revelan las formas...”. Charles Édouard Jeanneret-Gris. “Le Corbusier”.

La translucidez es la propiedad física que permite que la luz al atravesar un cuerpo difumine los haces luminosos. Esto permite el paso de la luz pero impide la visión nítida entre un medio y otro.

De ahí que los edificios translúcidos sean interpretados como una performance artística, donde sus moradores proyectan su vida como una sombra chinesca, recordando la alegoría de la caverna.

El temor al voyeurismo o a la intromisión en la privacidad, se soluciona con edificios translúcidos de fachadas acristaladas que proporcionan privacidad y se alejan de las fachadas más expuestas e incluyen a menudo paredes opacas.

Algunos de los arquitectos y obras más destacadas en este campo son:

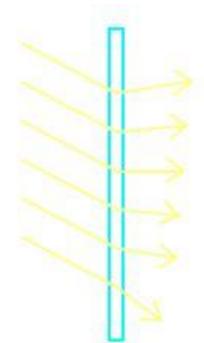


Ilustración 34.
Translucidez.
Fuente: Propia

Johnson wax research tower

- Proyecto de: Frank Lloyd Wright
- Año de construcción: 1936-1939 torre en 1950
- Ubicación: Racine, Wisconsin, Estados Unidos



Ilustración 35. Johnson wax research tower
Fuente: <http://goo.gl/cWUpDs> (Recuperado el 18 Marzo 2015)

La luz juega un papel fundamental en todo el proyecto. Wright buscó que la luz llegase de forma uniforme a todos los rincones, y para lograrlo utilizó dos recursos; deshacer las cornisas y aprovechar los espacios residuales entre las circunferencias que sus columnas generaban en el techo.

Para lograr deshacer la cornisa Wright tuvo que crear dos estructuras independientes, la de las fachadas y la del forjado, dejando entre ellas un salto, un espacio vacío que sería cubierto por una cornisa de cristal formada a base de tubos de Pyrex²⁴ (vidrio borosilicatado) colocados sobre unos bastidores triangulares metálicos.

De este modo Wright no sólo logra llevar luz natural al interior, sino que se deshace una vez más del ángulo recto y crea un tipo de cornisa nunca visto hasta entonces, algo que nos da una idea de hasta qué punto consideraba su arquitectura única, un nuevo estilo diferente a todo lo que se había hecho hasta entonces. En el interior de esta cornisa de vidrio se colocó la instalación de luz artificial, buscando llegar a las mínimas diferencias en el nivel de iluminación de día y de noche. Si durante el día la luz entraba desde todas direcciones de forma uniforme lo mismo debía suceder durante las horas nocturnas,

²⁴ Pyrex: es una marca introducida por Corning Incorporated para una línea de baja expansión térmica de vidrio borosilicatado actualmente utilizado para vidrio de laboratorio y utensilios de cocina

debían evitarse los focos puntuales de luz, menos adecuados para iluminar los planos de trabajo.

Para lograr la homogeneidad de la luz en el interior también creó un techo de vidrio, a base de los mismos tubos de Pyrex, que cubrían los espacios residuales entre las circunferencias mediante las cuales las columnas se entregan con el forjado. A estas entradas de luz también fue necesario darles un volumen interior para alojar la instalación de luz eléctrica, ya que sino un día nublado o una nevada harían imposibles las condiciones de trabajo en la sala principal. A estos espacios de instalaciones se accede desde la cubierta, donde se crearon claraboyas de vidrio a cuatro aguas para facilitar el acceso.

Todos los tubos tuvieron que ser substituidos al cabo de ciertos años por tubos idénticos pero de plexiglás para solucionar algunos problemas de soleamiento y sobretodo de fragilidad.

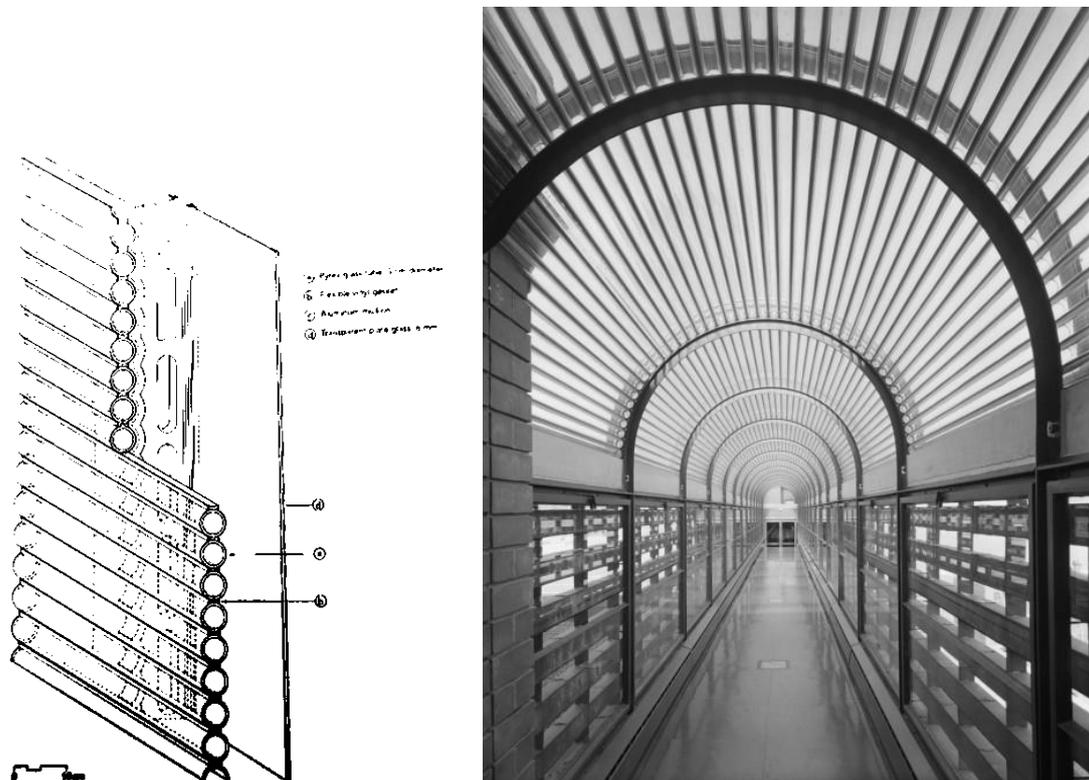


Ilustración 36. Dcha. Sección de la fachada de la Johnson wax research tower. Izq. Fuente: libro/ <http://www.plataformaarquitectura.cl/> (Recuperado el 18 Marzo 2015)

Museo de Arte Nelson Atkins. Bloch Building

- Proyecto de: Steven Holl
- Año de construcción: 2007
- Ubicación: Kansas City, MO, Estados Unidos



Ilustración 37. Museo de Arte Nelson Atkins. Bloch building.

Fuente: <http://www.nelson-atkins.org/art/HistNewNA.cfm> (Recuperado el 02 Abril 2015)

La ampliación del antiguo Museo Beaux-Arts, Nelson-Atkins Museum of Art es un edificio formado por cinco volúmenes de vidrio basado en una arquitectura que contrasta con el edificio original, logrando mostrar armoniosamente la síntesis entre patrimonio y modernidad.

La estructura de vidrio formada por U-glass plantea el contraste del juego entre las ocasionales sombras de la naturaleza y las luces de la arquitectura.

Por la noche, el volumen de vidrio que brilla intensamente del vestíbulo ofrece una atractiva transparencia, entre dibujos de visitantes de eventos y actividades. Múltiples capas de vidrio translúcido, difuminan y refractan la luz, que a veces se materializan como bloques de hielo. Durante el día las lentes inyectan diferentes cualidades de la luz en las galerías. Y en medio de todo esto también cabe destacar la presencia de un laberinto de vidrio.



Ilustración 38. Laberinto del Nelson Atkins museum.

Fuente: <http://goo.gl/1NIBzg> (Recuperado el 02 Abril 2015)

Optical Glass House

- Proyecto de: Hiroshi Nakamura & NAP.
- Año de construcción: 2012
- Ubicación: japon



Ilustración 39. Optical glass house.
Fuente: <http://goo.gl/taVMg3>
(Recuperado el 02 Abril 2015)



Ilustración 40. Optical glass house. Detalle fachada
Fuente: <http://goo.gl/taVMg3>
(Recuperado el 02 Abril 2015)

Optical Glass House se construyó al lado de una carretera muy transitada, por lo que quería crear un oasis privado donde los residentes aún podían distinguir los movimientos de personas y el tráfico más allá de los muros. Según el arquitecto:

"El paisaje silencioso sereno de los coches que pasan y tranvías imparte riqueza a la vida en la casa", "La fachada aparece como una cascada que fluye hacia abajo, esparciendo luz y llenando el aire de frescura"²⁵

El jardín se eleva hasta la primera planta y los arquitectos utilizaron 6.000 bloques de vidrio hechos especialmente para construir este muro de dos pisos de altura que cubriera la pared que tenía en frente ella. El muro era demasiado alto para apoyarse, por lo que los bloques tuvieron que ser atornillados a unas varillas.

²⁵Palabras del arquitecto Hiroshi Nakamura & NAP, en la revista Proyecta del 2013 ed.21

4.2.3 OPACIDAD

“Nada es verdad ni es mentira, todo depende del cristal con que se mira.” (William Shakespeare)

La opacidad es la propiedad física que impide a la luz al atravesar un cuerpo. Esta técnica no suele ser la más empleada cuando estamos hablando de vidrio ya que con el pretendemos todo lo contrario. Aun así hay algunos arquitectos que se atrevieron a usarla mediante reflexión. Para conseguir la reflexión en la arquitectura se emplean los espejos.

La reflexión es un fenómeno físico que se da cuando un rayo de luz incide en una superficie que está separando dos medios diferentes parte de la energía luminosa se transmite, refracción y otra se refleja, reflexión.



En la reflexión se produce un cambio de dirección de un rayo o una onda que ocurre en la superficie de separación entre esos medios, de forma que regresa al medio inicial.

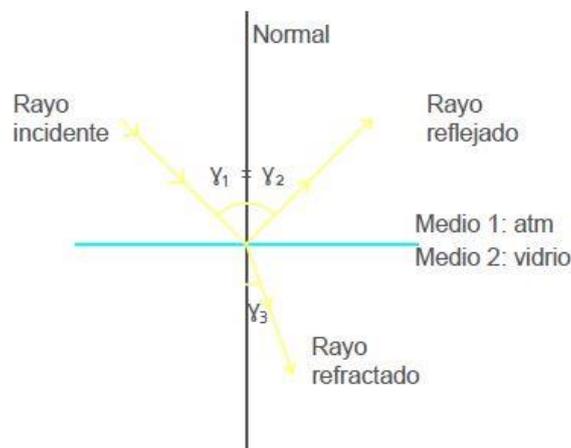


Ilustración 42. Reflexión – refracción
Fuente: propia

Algunas de las obras más innovadoras y representativas de ello pueden ser:

Centro de Visitantes del Jardín Botánico de Cairns

- Proyecto de: Charles Wright Architects (CWA)
- Año de construcción: 2009
- Ubicación: Australia



Ilustración 43 Centro de Visitantes Cairns del Jardín Botánico

Fuente: noticias.arq.com.mx/Detalles/13404.html#.VT-skyHtmko (Recuperado el 02 Abril 2015)

Camuflado en un bosque lluvioso de Australia, se localiza en el extremo norte de Queensland, esta entrada única al Centro de Visitantes Cairns del Jardín Botánico, es la ganadora del Premio 2012 Eddie Orbin como edificio del año, presentado por el Instituto de Arquitectos Australiano (AIA).

Se propuso una fachada de espejos que literalmente refleja los jardines circundantes. Las casas camufladas albergan una terraza café, un lugar de informes y de exhibición, y oficinas para el personal del consejo.

El proyecto activa a los transeúntes y vincula los jardines con el Centro Artístico, mientras actúa como una zona fresca y seca todo el año para los turistas que visitan seguido el ambiente caluroso y húmedo de los jardines tropicales.

En colaboración con ingenieros mecánicos, estructurales, hidráulicos y paisajistas, CWA pudo incorporar las iniciativas dentro del concepto de cubierta de espejo: Paneles solares para retroalimentar la red energética, tanques de agua pluvial, sistemas mixtos de aire acondicionado, bajo consumo de energía lumínica en toda la instalación, accesorios de bajo consumo de agua, materiales de larga vida y eficiencia en construcción, tratamiento solar para todas las ventanas, ventilación natural que circula en pasillos y una masa interna térmica expuesta a la sombra.

Treehotel, The Mirrorcube

- Proyecto de: Tham y Videgård Arkitekter
- Año de construcción: 2010
- Ubicación: Harads, Suecia



Ilustración 44. Treehotel.

Fuente: <http://treehotel.se/rooms> (Recuperado 18 Marzo 2015)

Un refugio en los árboles; una estructura de aluminio ligero colgada de un tronco de árbol, una caja de 4x4x4 metros vestido con vidrio acabado espejo.

El exterior refleja el entorno y el cielo, creando un refugio camuflado. La construcción también alude a cómo el hombre se relaciona con la naturaleza, como la usamos materiales de alta tecnología y productos al explorar lugares remotos en climas duros.

Las funciones están programadas para proporcionar comodidad en la vida para dos personas; una cama doble, un pequeño cuarto de baño, un salón y una terraza en la azotea.

El acceso a la cabina es por un puente de cuerda conectado a la siguiente habitación árbol.

Para evitar que las aves chocasen con el vidrio reflectante, se dotó con un color ultravioleta transparente una lámina en los paneles de vidrio que son visibles sólo para aves.

Casa de los Espejos

- Proyecto de: MLRP
- Año de construcción: 2011
- Ubicación: Copenhague, Dinamarca



Ilustración 45. Casa de los espejos
Fuente: <http://goo.gl/6Dz9wY> (Recuperado el 02 Abril 2015)

Los espejos están montados en los extremos de este pabellón y parque infantil en Copenhague, así como detrás de sus puertas. Esto involucra un juego con la perspectiva, la reflexión y la transformación. En lugar de la típica fachada de frontón cerrado, los frontones de espejo generan una transición entre lo construido y el paisaje, reflejando los alrededores del parque y el patio de juegos y actividades.

Las ventanas y puertas están integradas en la fachada revestida de madera, detrás de persianas con efectos también generados por paneles de espejo. Durante la noche las persianas se cierran haciendo que el edificio sea anónimo. Durante el día el edificio se abre, atrayendo a los niños que disfrutaban de verse transformados en todas las direcciones.

Nuevo 20 Fenchurch Street, "walkie-talkie"

- Proyecto de: Rafael Viñoly
- Año de construcción: 2014
- Ubicación: Londres, Reino Unido.



Ilustración 46. 20 Fenchurch Street

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/20_Fenchurch_Street (Recuperado el 29 Abril 2015)

Éste edificio se ha convertido en uno de los más conocidos en todo el mundo pero no por ser un rascacielos ni tampoco por ser de vidrio si no por su mala geometría. Es un rascacielos de 160 metros de altura aunque la propuesta original era de 200 metros de altura, pero fue reducida después de las preocupaciones sobre su impacto de imagen por estar cerca de donde se encuentra la Catedral de San Pablo.

A este edificio se le ha apodado "El walkie talkie" y contará con un elevado carácter distintivo, la estructura sufre un ensanchamiento en la parte superior hacia arriba y hacia afuera. Las opiniones sobre el diseño de la torre parecen ser muy polarizadas a favor o en contra. Además contará con un mirador y un jardín vertical abierto al público que se incluirá en el piso superior.

Desafortunadamente el diseño cóncavo de la fachada hace que los vidrios de las ventanas actúen como lupas inmensas que aumentan en más de 20 grados la

temperatura del lugar hacia donde apuntan. Algunos de los resultados fueron en 2013 unos huevos fritos en la calle y un automóvil marca Jaguar parcialmente derretido.

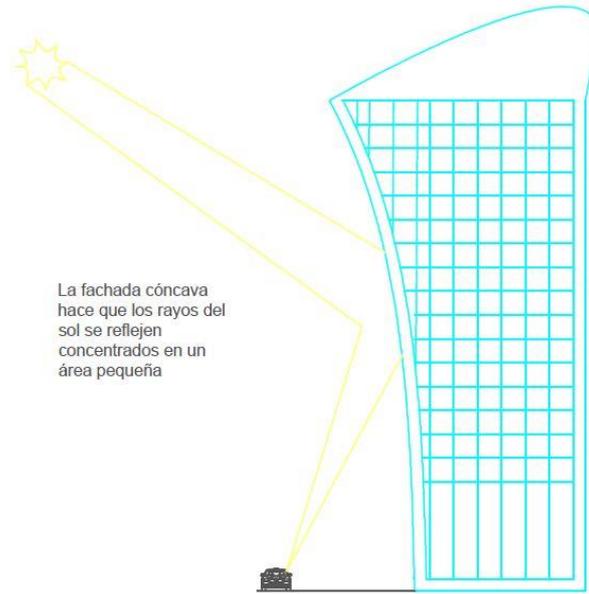


Ilustración 47. Esquema de la radiación al 20 Fenchurch Street

Fuente: propia

Rafael Viñoly, su diseñador y arquitecto, ha admitido serios errores de diseño en la construcción del edificio. A pesar de que ya no es la primera construcción de este tipo que le causa los mismos problemas.

4.3 DONDE LA LUZ NO LLEGA: LUMINODUCTOS

Hasta ahora hemos visto de qué formas podemos jugar con la luz desde un punto de vista más estético que funcional pero aprovechando el recorrido del sol podemos aprovechar la iluminación de una manera vertical logrando llevar la luz natural a interiores.

El desarrollo de estrategias de iluminación natural puede contribuir a reducir significativamente el uso diurno de energía eléctrica de iluminación.

La transmisión de la luz natural está influenciada por las características de las aberturas tales como su posición, su dimensión, su forma y el material de transmisión utilizado en ellas.²⁶

Básicamente son tres los sistemas de iluminación natural utilizados:

- Iluminación lateral
- Iluminación cenital
- Iluminación combinada

Por razones de facilidad constructiva y de costos, la mayoría de los huecos para iluminación natural se realizan a través de los muros laterales. Pero muchas veces los huecos que permiten la iluminación lateral no son suficientes ya sea debido a obstáculos como edificaciones, sombras proyectadas, la forma o la orientación de una fachada a la otra.

Para solucionar el acceso a la luz natural directa en los espacios interiores que no tienen aperturas o los que no llega la suficiente hay soluciones constructivas como por ejemplo los conductos de sol y de luz o los patios interiores. Los conductos están formados por un recubrimiento interior reflectante que captan la luz natural en la parte superior de edificio y mediante reflexiones interiores, la conducen a zonas internas del edificio.



Ilustración 48. Sección solatube.
Fuente: www.solatube.com/
(Recuperado 18 Marzo 2015)

²⁶ CENTRO DE INVESTIGACION EN TECNOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN. 5.3. Estrategias de transmisión de la luz natural. Santiago de Chile, 2012.

Estos conductos nos ofrecen nuevas e interesantes posibilidades de diseño. Los más conocidos en España son los SOLATUBE®

Esta técnica difiere de la transmisión por fibra óptica, entre otros aspectos, en que el ángulo de reflexión es arbitrario hecho que permite el ingreso de radiación al conducto de transmisión con cualquier dirección.

Los materiales reflectantes convierten parte de la radiación visible en calor, la alta eficacia lumínica de la radiación solar (~100 lum/W) permite obtener flujos luminosos elevados a la salida de los conductos.

Estos sistemas son utilizados cuando un local no tiene posibilidades de recibir la luz natural porque no tiene ningún muro expuesto al exterior o bien porque se considera insuficiente la luz natural que ingresa.

Algunos arquitectos han conseguido llevar este mecanismo más allá y han creado sistemas de filtraciones solares en las edificaciones a través de métodos innovadores y diferentes no solo con el fin de transmitir la funcionalidad de la luz natural si no de crear una estética diferente. Es el caso de James Carpenter, este arquitecto tiene muchas edificaciones famosas de vidrio pero en este caso vamos a destacar un sistema de tubos de vidrio con el que logra transmitir la luz a un sótano a través de 12 plantas.

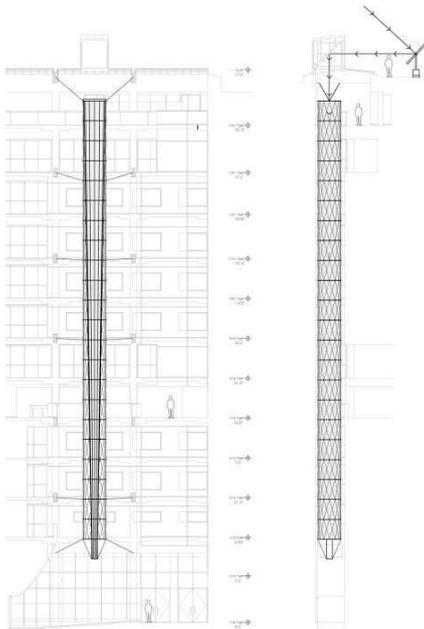


Ilustración 49. Sección Solar Light Pipe
Fuente: ARCHITECTURAL LIGHT MAGAZINE 2003
(Recuperado 18 Marzo 2015)



Ilustración 50. Solar Light Pipe.
Fuente: ARCHITECTURAL LIGHT MAGAZINE 2003
(Recuperado 18 Marzo 2015)

Este sistema fue denominado como Solar Light Pipe. Está situada en Washington, y se construyó en 2002, se basa en la utilización de heliostato²⁷ para redirigir la luz del sol a través del Centro de las Naciones Unidas con un cono de cristal prismático.

Otro trabajo de este arquitecto que cabe destacar es el de estos tubos de vidrio de la plaza Potsdamer en Berlín.



Ilustración 51. Tubo Heliobus en la potsdamer platz,
Fuente <http://www.heliobus.com/en/light-engineering/light-pipe/berlin.html>
(Recuperado 18 Marzo 2015)



Ilustración 52. Tubo Heliobus en la potsdamer platz,
Fuente <http://www.heliobus.com/en/light-engineering/light-pipe/berlin.html>
(Recuperado 18 Marzo 2015)

En este caso el sistema empleado es similar pero se emplea un mecanismo en el extremo exterior para redirigir la luz de noche cuando se ilumina artificialmente.

²⁷ Heliostato: conjunto de espejos que se mueven sobre dos ejes, lo que permite, con los movimientos apropiados, mantener el reflejo de los rayos solares que inciden sobre él en todo momento en un punto o pequeña superficie, deshaciendo en el rayo reflejado el movimiento diurno terrestre.

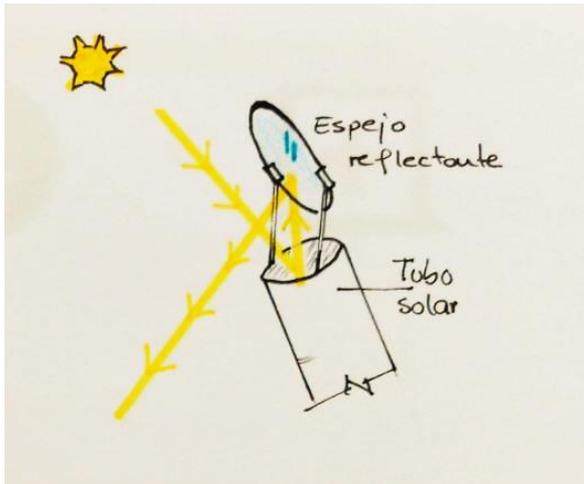


Ilustración 53. Rayos luminosos dirigidos un punto concreto.
Fuente: propia

Y ya por último el empleo de patios interiores que proporcionan una estética diferente y la luz suficiente para iluminar la estancia.



Ilustración 54. 9x9 Experimental House.
Fuente: <http://leibal.com/architecture/9x9-experimental-house/>
(Recuperado el 29 de Abril 2015)



Ilustración 55. Museo Joanneum de Graz.
Fuente: <http://goo.gl/SohLIh>
(Recuperado el 29 de Abril 2015)

4.4 SISTEMAS DE CONTROL SOLAR.

La filtración de luz solar siempre es saludable en un edificio pero muchas veces puede llegar a ser excesiva, produciendo aumento de temperatura o deslumbramientos. Para ello es necesario incorporar mecanismos para el control de la radiación solar en cualquier época del año sin interferir en el acceso de la luz natural en el interior del edificio. Podemos distinguir entre:

- Elementos inherentes al edificio.
- Elementos fijos: voladizos, lamas fijas.
- Elementos móviles (exteriores/interiores): toldos, persianas, postigos, cortinas.
- Elementos añadidos a la edificación, como la vegetación: las especies de hoja caduca son un buen sistema de regulación de la radiación.

En cualquier caso, es imprescindible diseñar la protección solar en función de la orientación del elemento que es preciso proteger. O sea, un voladizo horizontal en el hemisferio norte puede ser efectivo en fachadas al sur, pero no lo son en absoluto en orientaciones este y oeste, donde sería más efectivo el empleo de pantallas verticales. Igualmente es aconsejable que las protecciones sean móviles para facilitar la adaptación a las diferentes inclinaciones de los rayos solares, permitir la entrada de luz natural y a la vez, proteger de la radiación solar directa.

En el caso de edificaciones con envolventes de vidrio las soluciones ofrecidas a este problema son de lo más original, destacan las envolventes de doble piel siendo generalmente la exterior la que cubre la interior. A continuación se mencionan algunos casos de interés que se han ido desarrollando estos últimos años:

CON DOBLE PIEL METÁLICA.

Uno de los pioneros en fachada de vidrio con doble piel metálica en este caso por el interior es el del Instituto del Mundo Árabe, de J. Nouvel situado en París, Francia, 1987 en este proyecto se emplearon lamas de metal giratorias que sustituyen a las clásicas lamas de persianas y le proporcionan un aspecto diferente. A la vez que le proporcionan la debida protección solar al edificio.

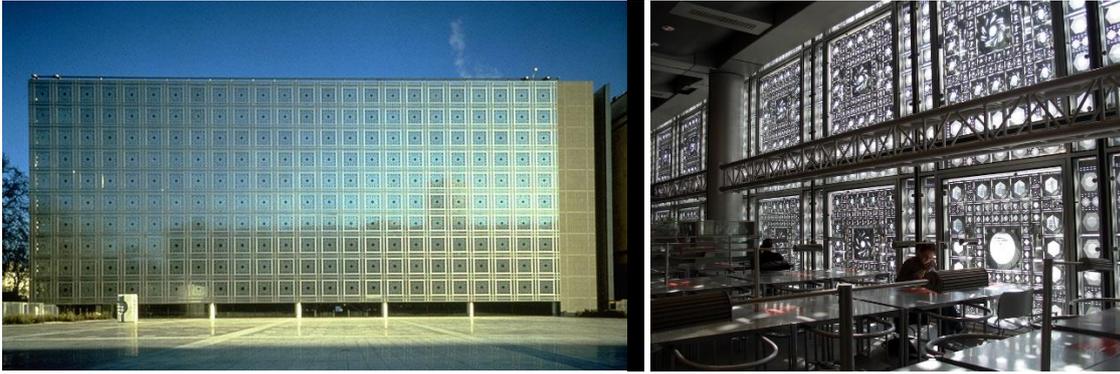


Ilustración 56. Instituto del Mundo Árabe.

Fuente: <http://goo.gl/FjkQGJ> (Recuperado el 29 de Abril 2015)

Ilustración 56A. Interior del Instituto del Mundo Árabe.

Fuente: <http://goo.gl/FjkQGJ>
(Recuperado el 29 de Abril 2015)

Siguiendo esta mentalidad han sido muchos los que emplearon las pieles metálicas como doble recubrimiento que proporcione la protección adecuada. Como es el caso del Congreso de Sipopo de Tabanlıoğlu Architects en el 2011. A través de la disposición de paneles metálicos que varían en los distintos niveles y ángulos, la fachada se percibe como el juego de una gran variedad de geometrías que brillan con la luz del día, protegiendo el interior de las radiaciones solares directas.



Ilustración 57. Congreso de Sipopo.

Fuente: <http://goo.gl/FjkQGJ>
(Recuperado el 21 de Mayo 2015)

Ilustración 57A. Congreso de Sipopo.

Fuente: <http://goo.gl/FjkQGJ>
(Recuperado el 21 de Mayo 2015)

O el caso del Edificio corporativo de oficinas del Centro Tecnológico de Hispasat por Herreros Arquitectos en 2010 llevando la misma metodología que el caso anterior.



Ilustración 58. Centro Tecnológico de Hispasat.
Fuente: <http://goo.gl/zP9cyS>
(Recuperado 21 de Mayo 2015)

Yendo un poco más allá destaca el proyecto de Decker Yeadon Architects, 2011 que emplea la homeostasis. Un sistema capaz de regular su ambiente interno manteniendo una condición estable de equilibrio reaccionando ante los diversos estímulos exteriores a los que puede verse expuesto.



Ilustración 59. Fachada homeostática.
Fuente: <http://www.archdaily.com/tag/decker-yeadon/> (Recuperado 21 de Mayo 2015)

Este prototipo de fachadas homeostáticas es un sistema innovador para el diseño de edificios verdes. En ellos el sistema solar pasivo está formado por unas líneas dispuestas como laberintos formadas por un material flexible que se dobla como un músculo

artificial, filtrando el calor solar a través de la variación de su forma. Sin necesidad de ninguna programación o ajuste técnico.

Estas líneas las forma una cinta que se abre como un par de alas de mariposa cuando se calienta y se cierra cuando se enfría, controlando de esta manera el calor solar que pasa a través de la fachada. La cinta está hecha de elastómeros dieléctricos: materiales poliméricos que pueden ser polarizados mediante la aplicación de una corriente eléctrica. Además están recubiertos con electrodos de plata. Esta capa de plata refleja la luz, y también distribuye la carga eléctrica a través del material, causando que se deforme.

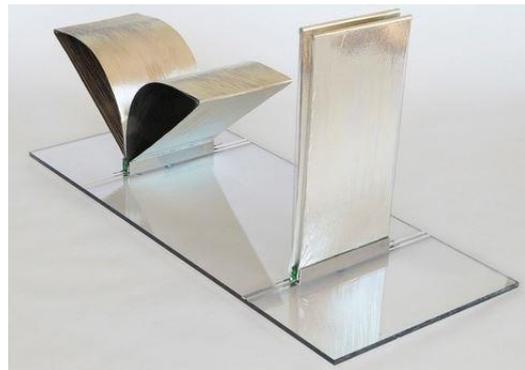


Ilustración 59A. Detalle de la cinta para la fachada homeostática.

Fuente: <http://www.archdaily.com/tag/decker-yeadon/> (Recuperado 21 de Mayo 2015)

CON DOBLE PIEL DE MADERA.

Aunque no recubre por completo una estructura vidriada si lo hace en determinadas zonas el Spanish pavilion, de la Expo Shangháí en 2010 se trata de una estructura metálica totalmente recubierta de mimbre. El cual permite la filtración de la luz a la vez que protege el interior



Ilustración 60. Fachada homeostática.

Fuente: <http://www.archdaily.com/tag/decker-yeadon/> (Recuperado 21 de Mayo 2015)

Otro ejemplo más sencillo lo encontramos en Madrid en un bloque de Viviendas diseñado por F.O.A. Foreign Office Architects en el 2007. El edificio es un volumen rectangular envuelto por una doble piel de bambú, que además de proporcionar al paisaje urbano una imagen diferente, permite el aislamiento acústico, térmico y visual.



Ilustración 61. Carabanchel 16

Fuente:<http://www.ondiseno.com/proyecto.php?id=1458> (Recuperado el 21 de Mayo 2015)



Ilustración 61A. Carabanchel 16

Fuente:<http://www.ondiseno.com/proyecto.php?id=1458> (Recuperado el 21 de Mayo 2015)

OTROS

El caso de las Bodegas Dominus, de Herzog & de Meuron situadas en San Francisco. En donde el sistema de envolvente está compuesto por “gaviones”, cajas construidas con enrejado metálico de malla cuadrangular electrosoldada de acero inoxidable, rellenas con bloques de piedra tosca de basalto.



Ilustración 62 Bodegas Dominus.

Fuente: <http://blog.bellostes.com/?p=1704> (Recuperado el 29 de Abril 2015)



Ilustración 62A. Bodegas Dominus.

Fuente: <http://blog.bellostes.com/?p=1704> (Recuperado el 29 de Abril 2015)

5. COLOR Y VIDRIO

"En este mundo traidor nada es verdad, nada es mentira, todo es según el color del cristal con que se mira". (Ramón de Campoamor)

Nos encontramos en una época y en un mundo industrializado donde el sentido "práctico" de las cosas nos conduce a perder por el camino aspectos importantes para nuestra calidad de vida visual.

Partiendo y aprendiendo de la observación y análisis de los colores en la naturaleza nos situamos en condiciones de apreciar y valorar la relación de los colores y su uso en las ciudades y en el medio artificial, lo que el hombre proyecta, construye y comunica, utilizando consciente o inconscientemente los colores.

A menudo se asocia el color blanco con la arquitectura moderna algunos arquitectos como por ejemplo Santiago Calatrava que lo ha convertido en un símbolo de identidad. Pero esto es algo que en la arquitectura contemporánea ha ido disminuyendo y actualmente en las últimas décadas, los colores se han introducido con fuerza como símbolo de cambio y versatilidad.

5.1 VALORES CROMÁTICOS DE LA LUZ.

El color nos produce sensaciones, sentimientos, transmite mensajes a través de códigos universales, nos expresa valores, estados de ánimo, situaciones y sin embargo... no existe más allá de nuestra percepción visual.

Por definición, el color es el producto de las longitudes de onda que son reflejadas o absorbidas por la superficie de un objeto, pero por otro lado sin la intervención de nuestros ojos que captan esas radiaciones electromagnéticas, de un cierto rango, que luego son transmitidas al cerebro, ese color no existiría.

El color ha sido estudiado, analizado y definido por científicos, físicos, filósofos y artistas. Cada uno en su campo y en estrecho contacto con el fenómeno del color, llegaron a diversas conclusiones, coincidentes en algunos aspectos o bien que resultaron enriquecedoras para posteriores estudios. Finalmente fue Isaac Newton (1642-1519) quien estableció un principio hasta hoy aceptado: la luz es color.

En 1665 Newton descubrió que la luz del sol al pasar a través de un prisma, se dividía en varios colores conformando un espectro.



Ilustración 63. Descomposición de la luz.
Fuente: <http://goo.gl/scfxhR> (Recuperado 04 mayo 2015)

Así es como observa que la luz natural está formada por luces de seis colores, cuando incide sobre un elemento absorbe algunos de esos colores y refleja otros. Con esta observación dio lugar al siguiente principio: todos los cuerpos opacos al ser iluminados reflejan todos o parte de los componentes de la luz que reciben.

Por lo tanto cuando vemos una superficie roja, realmente estamos viendo una superficie de un material que contiene un pigmento el cual absorbe todas las ondas electromagnéticas que contiene la luz blanca con excepción de la roja, la cual al ser reflejada, es captada por el ojo humano y decodificada por el cerebro como el color denominado rojo.

La luz se propaga en forma de ondas y la longitud de estas ondas varía entre los 380 y 730 Nm. (Nanómetro unidad de medida igual a 10 elevado a la -9 metros), lo que conforma el espectro visible.

Para nosotros el rango de visibilidad de colores se encuentra entre:

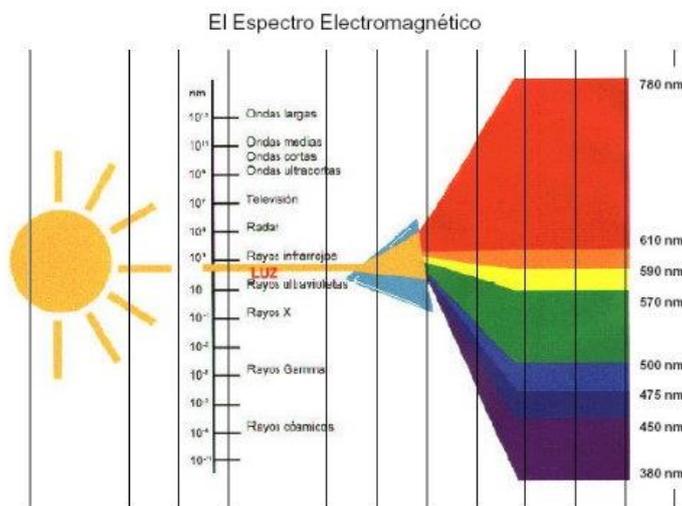


Ilustración 64. Espectro visible.
Fuente: <http://www.laszlo.com.ar/manual357.htm>
(Recuperado 04 mayo 2015)

5.2 SIMBOLOGÍAS CROMÁTICAS URBANAS. MÉTODOS PARA LOGRAR SÍNTOMAS CROMÁTICOS

Los colores urbanos, no representan un valor accidental y secundario, sino que se trata de un legítimo valor de carácter antropológico, cuyo desconocimiento representa una pérdida insustituible del carácter de nuestra cultura urbana

Para nuestra vida moderna, industrializada, informatizada y tecnificada, el abanico cromático a utilizar es muy diverso y variado, pero en gran parte de las ocasiones se encuentra alejado de la relación entre territorio, materia y color arquitectónico. Desde el punto de vista del tratamiento cromático, que se genera en los espacios urbanos, la introducción de nuevas tecnologías puede llegar a provocar una distorsión en aquella imagen de la ciudad concebida sobre unos alineamientos basados en las cualidades del territorio²⁸

La utilización de los colores en los símbolos y las señalizaciones es en el presente fundamental, el caos que se produciría sin ellos sería tremendo. Pero no se trata de usarlos arbitrariamente, sino darles un buen uso inteligente y lógico para formar parte de cada conjunto y cada circunstancia. Esto mismo es lo que debería darse en cada ciudad y cada edificio.

Trabajar todos los días y durante años en un despacho con una “cortina inamovible” de color rojo, verde, azul, violeta o amarillo es algo que psicológicamente afecta al ser humano y según qué color y a qué persona se pueden dar casos muy diferentes de aceptación o rechazo, en definitiva de actitudes positivas o negativas.

Además tenemos que añadir que los colores saturados durante el día tienen un índice muy bajo de saturación por la noche a causa del uso de lámparas de sodio con una predominante luz amarilla. Actualmente la mayoría de ciudades y pueblos españoles se visten de amarillo por la noche. La pérdida de calidad visual es claramente destacable.

Podemos encontrar múltiples ejemplos de color con vidrio en nuestra arquitectura actual pero en casi todos los casos no tiene un valor cromático urbano ordenado.

²⁸ FIORITO BARALLE, M. C. y ROIG PICAZO, P. y BOSCH REIG I. 2011-2012. Colores urbanos... Identidad arquitectónica. Núms. 6 y 7, Valencia: ARCHÉ, 2011 y 2012.

5.2.1 VIDRIOS COLOREADOS:

En este caso el vidrio es coloreado durante el proceso de fabricación, donde se le van añadiendo los diferentes óxidos metálicos que le dan un color característico. El vidrio coloreado se utiliza fundamentalmente como protección solar. Debido a la gran absorción de energía solar, es necesario el templado para evitar la rotura por choque térmico.

Para alcanzar los resultados previamente establecidos, se requiere que los colores sean elaborados con base en óxidos de metales, pues de lo contrario no se lograrán teñir las masas vitrificantes. A continuación nombramos los componentes con los que se logran los diferentes colores para los vidrios:²⁹

- Amarillo

Se obtiene del óxido de hierro (FeO). Toma otros colores en condiciones especiales del horno y por los materiales usados. El amarillo plata requiere de nitrato (Ag NO) y cloruro (Ag Cl) de ese metal. Ciertos tonos de amarillo se logran con el azufre, aunque también el carbonato ofrece las tonalidades de dicho color.

- Violeta

Se consigue con óxido de manganeso (MnO₂) o con el permanganato potásico (KMnO₈), que es más puro y de composición constante. Tanto el bióxido como el anhídrido permangánico (Mn₂O₂) contenidos en el permanganato se disocian fácilmente por la acción del calor, generando el sesquióxido de manganeso. Mezclando con óxido de hierro, el manganeso imparte al vidrio una coloración amarilla ámbar.

- Verde

Se logra del óxido de cromo (CrO). Con mayor frecuencia se emplea el bicarbonato potásico (K₂CrO₄) que es de color naranja, aunque por la acción del calor se descompone y libera el óxido crómico que imparte al vidrio la tonalidad verde (a baja temperatura, se consigue un bello amarillo).

- Azul

Surge del óxido de cobalto. Existe en el comercio un polvo negro con el que igualmente se logra el color, y que se obtiene de la mezcla de protóxido de cobalto (CoO),

²⁹ MUSEO DEL VIDRIO. 2009. <http://www.museodelvidrio.com/investigacion/tecnica.htm>. [En línea] 2009. [Citado el: 18 de Mayo de 2015.]

sesquióxido de cobalto (Co_2O_3) y óxido salino de cobalto (Co_3O_4). También se usa el carbonato de cobalto (CoCO_3).

- Rojo

El rojo oro se logra con ácido cloroáurico (HAuCl), brindando una coloración rojo rubí y violácea que tiene gran poder colorante. Por su parte, el selenio mezclado con sulfuro de cadmio produce el rojo rubí. El vidrio rojo se obtuvo desde los inicios de la industria en México, gracias a la acción de elementos químicos como el oro y estaño. La presencia del plomo favorece la formación de esta coloración. No obstante, las fórmulas para su obtención siempre se han mantenido en secreto, por lo que la producción de vidrio rojo resulta muy limitada aún en nuestros días.

A continuación algunos ejemplos en la arquitectura actual de edificaciones con vidrios de coloreados en su masa:

Edificio Bacardi

- Proyecto de: Enrique Gutiérrez
- Año de construcción: 1963-1975
- Ubicación: Midtown, Miami.



Ilustración 65. Edificios Bacardi.

Fuente: <http://goo.gl/tSSJYp> (Recuperado 04 Mayo 2015)

Constituida como la sede estadounidense de Bacardi Limited hasta 2009. El edificio principal con forma de torre fue concebido por el arquitecto Enrique Gutiérrez, pero los murales de los laterales con azulejos blancos fueron diseñados por Francisco Brennand, un artista brasileño.

Las fachadas están compuestas por unos 28.000 azulejos vidriados y pintados a mano

En el edificio anexo añadido unos años más tarde y a menudo referido como un "joyero" por su forma y su envolvente es un espectáculo salvaje. La caja está cubierta por una pulgada de piezas gruesas de vidrio dispuestas en una versión mosaico con forma de la pintura original del artista alemán Johannes M. de Dietz que rindió homenaje a la destilación de los espíritus del Caribe con la que comenzó Bacardí.

A pesar de verse bastante inestable por sus cimientos y varias intenciones de demolición ya ha resistido un poco más de cuatro décadas de huracanes y finalmente consiguió ser declarado como edificio histórico por lo que se asegura su futura supervivencia. Finalmente el complejo fue vendido a Nacional youngARTS Fundación como su nueva sede, y los planes se pusieron en marcha para una remodelación interior que completó Frank Gehry.

Juntas, las dos estructuras sirven como emblema totémico de posibilidades en Miami.

Instituto Holandés de Sonido y Visión

- Proyecto de: Willem Jan Neutelings, Michiel Riedijk
- Año de construcción: 2006
- Ubicación: Ámsterdam, Holanda



Ilustración 67. Instituto Holandés de sonido y visión.

Fuente: <http://noticias.arq.com.mx/Detalles/9733.html#.VUiEyvntmko> (Recuperado 04 Mayo 2015)

En este edificio se ha empleado esta forma de coloración en el vidrio para manifestar una grave crítica a un mundo saturado por imágenes de publicidad, y han reafirmado su creencia en la dimensión heroica de la arquitectura.

La escasa visibilidad de las imágenes en los vidrios de la fachada transmite el cotidiano bombardeo de los medios de comunicación, pero aquí en el edificio parecen haberse congelado en el tiempo.

Reviste la fachada cuadrada de 54m de lado. Es un cristal único coloreado concebido con la colaboración del artista Jaap Drupsteen, de 65 años en el que escenas de la historia de la televisión de los Países Bajos están impresas en Altorrelieve.

Se trabajó durante tres años en esta fachada y exigió desarrollar una nueva técnica de producción. El primer reto fue la elección de las imágenes a congelar en los paneles. Para lo cual se realizó una sección de fotogramas que Jaap Drupsteen que luego se transfirieron a un panel de MDF (fibra de densidad mediana), gracias a una impresora creada especialmente para estos fines.

Lo más dificultoso fue darle el relieve al vidrio mediante la técnica del Slumping Glass³⁰. Esta posee una alta durabilidad y resistencia a los rayos ultravioletas. Debido al método adoptado se requirió que los vidrios fueran recubiertos de goma cerámica, y colocados en un horno a 820 °C sobre un molde de arena.

Kolonihavehus

- Proyecto de: Tom Fruin
- Año de construcción: 2010
- Ubicación: Brooklyn, EEUU



Ilustración 68. Kolonihavehus

Fuente: <http://goo.gl/DssVvd> (Recuperado 04 Mayo 2015)

En este caso el artista trata con objetos encontrados en su entorno urbano y se centra en los restos pasados por alto o desechados de la sociedad. El Kolonihavehus es una casa de 12 x 12 x 14 inspirada en una caseta de jardín destinada originalmente para dar a los trabajadores estatales un refugio de las condiciones de hacinamiento en la ciudad.

La casa está diseñada para ser nómada: puede ser transportada en una furgoneta grande. La estructura de la casa, diseñada por el arquitecto JD Messick, se descompone en 30 paneles individuales de vidrio y se puede montar en una tarde. Hay un pivote montado en la puerta con bisagras hechas a mano, y varias ventanas que se abren. Los restos de plexiglás que se encuentran, que varían en tamaño desde 2 x 2 pulgadas, hasta 24 x 36 pulgadas. Fueron rescatados de una variedad de fuentes: una distribuidora plexi

³⁰Slumping Glass: es una técnica de manufactura en la que por medio de la técnica de conformado se hacen unos hundimientos en el vidrio proporcionándole un relieve característico.

desaparecida a las afueras de Copenhague, de un cuadro enmarcado de una tienda de clausura, del sótano del Arte del Estado danés, y los contenedores de basura fuera del Centro de Arquitectura Danés.

Rainbow residence arc du ciel

- Proyecto de: Agence Bernard Bühler
- Año de construcción: 2010
- Ubicación: Bordeaux, France



Ilustración 69. Rainbow residence arc du ciel

Fuente: <http://www.designboom.com/architecture/rainbow-residence-arc-en-ciel-by-bernard-buhler/>
(Recuperado 04 Mayo 2015)

Se puede decir que en este edificio Bernard Bühler ha reinventado la tipología departamento francés con 'arc en ciel ". Caracterizado por rejillas policromadas de vidrio que envuelven la masa curva. Estos paneles además de proporcionarle originalidad al edificio le sirven como sistema de control solar.

Los paneles translúcidos son interrumpidos sólo por los volúmenes de hormigón que sirven como extensiones de terrazas.

En el primer nivel encontramos los espacios de oficinas totalmente acristaladas, pasillos curvos que sirven como circulación interior de una red de apartamentos. El revestimiento de colores distingue el programa de otro modo estándar de los alrededores suburbanos y además atrapa pedazos cromáticamente alterados del paisaje.

Palacio de los congresos Montreal

- Proyecto de: Victor prus junto Tétrault Dubuc y Michel Languedoc
- Año de construcción: 1983
- Ubicación: Montreal, Canada



Ilustración 70. Palacio de los congresos Montreal.
Fuente: <http://congresmtl.com> (Recuperado 04 Mayo 2015)

Este es el Palacio de los Congresos, un centro de convenciones en Montreal. En la foto podemos ver el lado oeste del edificio el cual consta de 332 paneles de color y 58 paneles de vidrio transparentes. Ya sea que estés dentro o fuera, el efecto de la luz sobre ellos es impresionante.

Este edificio hace que entre el mundo gris tradicional de edificios del centro de convenciones, destaque la fachada de cristal multicolor. A medida que el sol golpea el cristal, se crea en el interior un arco iris psicodélico, que evoluciona constantemente con el movimiento del sol.

El espacio se transforma continuamente a medida que el ángulo de los cambios sol durante todo el día. En el exterior, esta pared se ilumina y vivifica el distrito que une el casco antiguo de Montreal y del centro de la ciudad contemporánea.

5.2.2 VIDRIOS CON LAMINA DE COLOR

Este tipo de vidrio laminado se basa en un sistema que permite la impresión de imágenes de alta resolución entre dos o más planchas de vidrio, entre las que hay una película intermedia de láminas de butiral de polivinilo (PVB). Además de las propiedades de seguridad, resistencia y transparencia, permite a arquitectos, interioristas, fotógrafos, etc. creaciones constructivas y diseños de acristalamiento singulares y perdurables.

Un sistema, basado en la impresión de imágenes de alta resolución que permite, en manos de arquitectos, diseñadores e interioristas alcanzar composiciones muy originales.

Se destacan las siguientes obras:

Hospital - Farmacéutico Rossetti

- Proyecto de: Herzog & de Meuron
- Año de construcción: 1998
- Ubicación: Basilea, Suiza.



Ilustración 71. Hospital Rossetti

Fuente: <http://goo.gl/T5Pt7l> (Recuperado 04 Mayo 2015)

En el interior alberga las oficinas, laboratorios y producción. El edificio se sitúa en los terrenos de Rossetti, y se presenta a la calle con un verde botella. El edificio marca la entrada a la ciudad, desde el lado de Spital.

La fachada es de vidrio, cubierta por una impresión en color. Si te acercas, se puede ver la estructura de la impresión en la superficie del edificio verde semi-transparente formada por puntos consecutivos.

La forma del edificio es la consecuencia del crecimiento interno y de las restricciones impuestas por la normativa del código de construcción y zonificación (tamaño de la parcela, las distancias especificadas, la incidencia de la luz). La forma distintiva espacial del edificio se ve acentuada por su revestimiento de color verde botella, un revestimiento de vidrio impreso. Las fachadas de cristal brillante generan una profundidad espacial que se yuxtapone con superficies mates de la hiedra que sustituyen el vidrio y constituyen la fachada en ciertas áreas seleccionadas.

Glass farm

- Proyecto de: MVRDV
- Año de construcción: 2013
- Ubicación: Schijndel, Países Bajos



Ilustración 72. Glass Farm

Fuente: <http://www.mvrdv.nl/projects/glass-farm> (Recuperado 04 Mayo 2015)

Situada en el lugar de la antigua plaza del mercado de Schijndel la cual sufrió numerosos daños durante la Segunda Guerra Mundial y ha sido objeto de numerosas ampliaciones y reformas desde entonces. MVRDV ha propuesto una amplia variedad de opciones que podrían llenar el vacío en esta inusualmente grande plaza del pueblo. Pero la ganadora ha sido esta granja de vidrio.

El edificio de 1600m², está totalmente cubierto por una fachada de vidrio impreso que se compone principalmente de una serie de equipamientos públicos como restaurantes, tiendas y un centro de bienestar.

El vidrio tiene impreso la imagen de una casa de campo tradicional de Schijndel. Para ello se analizaron unas granjas tipo dando un promedio "ideal" que finalmente fue desarrollado. MVRDV, contó con la colaboración del artista Frank van der Salm quien fotografió los edificios históricos, y de éstos salió el collage de la 'granja típica' que fue finalmente compuesta. Esta imagen fue impreso utilizando el procedimiento poroso en la fachada de cristal 1800m², lo que resulta en un efecto similar al de unas vidrieras de una catedral. La impresión varía en función de los requisitos de translucidez de la luz y las vistas.

Por la noche, la estructura se ilumina desde el interior, un monumento a la casa de campo tradicional. A una altura de 14 metros de la granja de cristal está diseñado intencionalmente fuera de escala y es 1,6 veces más grande que una granja real, que simboliza el crecimiento de la aldea en una ciudad.

Billboard Building Tokyo

- Proyecto de: Klein Dytham
- Año de construcción: 2005
- Ubicación: Tokio, Japón



Ilustración 74. Billboard Building

Fuente: <http://klein-dytham.com/architecture/billboard-building/>
(Recuperado 04 Mayo 2015)

El edificio Billboard forma parte de un movimiento en Tokio llamado "pet architecture" este nombre lo reciben edificios envueltos en el entorno saturado de pequeñas edificaciones incómodas debido a la mala planificación urbana y al creciente desarrollo inmobiliario. Cuenta tan sólo con 2,5 m de ancho y 11 metros de largo, es un buen ejemplo de arquitectura mascota.

Cubierto con una imagen de un bosque de bambú crea una sensación de espejismo de una naturaleza exterior. La imagen ayuda al control de la luz del sol en el día, y "por la noche luce de color verde intenso descrito como una plantación de bambú luminoso en el corazón de la metrópoli."

Musac

- Proyecto de: Luis Mansilla y Emilio Tuñón
- Año de construcción: 2004
- Ubicación: Castilla y León, España



Ilustración 66. Musac, Museo de Arte Contemporáneo de Castilla y León

Fuente: <http://patrimoniodecastillayleon.blogspot.com.es/2009/01/musac.html> (Recuperado 04 Mayo 2015)

Proyectada como una gran superficie para la cultura, y diseñada a base de espacios continuos diversificados, trata de enfatizar el interés que comparten el arte y la arquitectura por la expresión contemporánea. En su extensión, como un edificio de una sola planta construido con muros de hormigón blanco y grandes vidrios de colores al exterior, el museo quiere ser un espacio donde el arte se sienta cómodo y ayude a borrar las fronteras entre lo privado y lo público, entre el ocio y el trabajo y, en definitiva, entre el arte y la vida.

La geometría de la planta es una de las peculiaridades más destacadas del museo. Una geometría compleja que viene heredada de la de ciertos pavimentos de origen romano. El movimiento que caracteriza el plano del edificio contrasta con la sutileza de su fachada, compuesta por más de 3.351 vidrios (de ellos, 2.719 translúcidos), sustentados por quinientas vigas prefabricadas de hormigón.

El mosaico de cristales de 37 colores que recibe al visitante en la fachada principal se ha obtenido a partir de la pixelación y posterior digitalización de una imagen de la vidriera "El Halconero" de la Catedral de León. Se trata de una de las vidrieras más antiguas de la catedral ya que data del siglo XIII y retrata escenas de una cacería. El museo evoca el patrimonio de la ciudad de León al mismo tiempo que nos recuerda su carácter de catedral contemporánea.

5.2.3 VIDRIOS SERIGRAFIADOS

Los vidrios serigrafiados son aquellos a los que se le aplica una pintura cerámica al vidrio al momento de ser templados. Esto se realiza mediante la depositación de un esmalte sobre el vidrio mediante un procedimiento serigráfico³¹.

Con este proceso se logra una amplia gama de acabados según el diseño y el color deseado, resistencia a la luz UV y a la abrasión.

Cottbus Technical University Library - IKMZ

- Proyecto de: Herzog & de Meuron
- Año de construcción: 2004
- Ubicación: Cottbus, Alemania



Ilustración 75. Cottbus Technical University Library - IKMZ
Fuente: <http://goo.gl/5OyimY> (Recuperado 04 Mayo 2015)

³¹ Procedimiento serigráfico: La serigrafía es una técnica de impresión empleada en el método de reproducción de documentos e imágenes sobre cualquier material, y consiste en transferir una tinta a través de una malla tensada en un marco sobre el soporte a imprimir en este caso el vidrio y se hace pasar la tinta a través de la malla, aplicándole una presión moderada con un rasero, generalmente de caucho.

La impresión se realiza a través de una impresora, enmarcada en un marco, que se emulsiona con una materia fotosensible. Por contacto, el original se expone a la luz para endurecer las partes libres de imagen. Por el lavado con agua se diluye la parte no expuesta, dejando esas partes libres en la tela del cual se coloca la tinta, que se extiende sobre toda la tela por medio de una regla de goma. La tinta pasa a través de la malla en la parte de la imagen y se deposita en el papel o tela.

El sistema de impresión es repetitivo, esto es, una vez que el primer modelo se ha logrado, la impresión puede ser repetida cientos y hasta miles de veces sin perder definición. Puede tener cierto parecido con el estarcido

El edificio alberga una biblioteca que se presenta como un edificio de cristal curvado, sin bordes o esquinas, asemejándose a los diseños de una ameba gigante. La forma es inusual, sin parte delantera o trasera y con cuatro protuberancias de diferentes tamaños.

Al acercarse a la biblioteca, el patrón abstracto de la fachada se revela como una matriz de caracteres superpuestos con alfabetos del mundo. A diferencia de otro proyecto de los arquitectos en el cual utilizaron el mismo sistema de texto para la fachada, en la Biblioteca de la Universidad de Cottbus, el texto sólo se percibe como tal a partir de una distancia media, y puesto que esta grafología superpuesta no tienen contenido y no forma palabras coherentes. A corta distancia, las letras se disuelven en los medios tonos de patrones abstractos: un campo de puntos blancos. Los arquitectos sostienen que la densidad de este patrón de puntos se varía para controlar la ganancia solar.

El diseño de la fachada se mantiene en el perímetro. La sección revela la envolvente del edificio como un muro cortina de doble piel donde la estructura está soportada por un conjunto de pilares que sigue un orden reticular, excepto en el contorno donde adopta una forma ameboide, y que permite jugar con las alturas. Cubierta por un cerramiento homogéneo doble, formado en la parte interior por ventanas abatibles y en la exterior por vidrio de seguridad serigrafiado.

Hotel Boscolo

- Proyecto de: Petr Malinský
- Año de construcción: 2003
- Ubicación: Praga, República Checa



Ilustración 73. Hotel Boscolo

Fuente: <http://www.archello.com/en/project/boscolo-hotel/1873583>

(Recuperado 04 Mayo 2015)

Se trata de una parte rehabilitada de la antigua fachada de madera en la que ahora destacan unas planchas de vidrio de gran formato. Las planchas llevan serigrafiadas un motivo de hojas verdes que aluden a la naturaleza.

También se abrió una nueva entrada al edificio por la parte noroeste para espacios del congreso que se abre con un gran volumen de vidrio, esta vez serigrafiadas con hojas color rojizo que simbolizan un otoño. Los elementos y materiales han sido seleccionados por su naturaleza ya que en todo momento buscaron que tuvieran los menos procesos industriales posibles.

5.2.4 OTROS

- vidrios impresos o grabados

Son aquellos que en una o ambas caras tiene un dibujo grabado en relieve. Se suelen emplear en espacios en los que se desea intimidad o un efecto decorativo especial. El efecto se logra en el proceso de laminación en su fabricación donde uno de los rodillos lleva grabada sobre su superficie la imagen que se desea imprimir sobre la hoja de vidrio en estado plástico.

El resultado es un vidrio plano por una de sus caras y por la otra el dibujo grabado seleccionado o ambas caras grabadas. Los vidrios impresos difuminan la luz protegiendo de miradas indiscretas. Los espacios que se crean son igualmente luminosos pero crean cierta sensación de intimidad.

Cabe destacar el ejemplo de la biblioteca de Eberswalde, que se encuentra ubicada en el campus universitario de la ciudad de Eberswalde, en Alemania. Es un edificio rectangular, y está concebido como una sucesión estratificada de 17 tiras horizontales de hormigón y vidrio, y en el que las aberturas para las ventanas se encuentran a la altura de un lector asentado.



Ilustración 71A. Biblioteca de Eberswalde
Fuente: <http://goo.gl/T5Pt7I> (Recuperado 04 Mayo 2015)

En colaboración con el artista alemán Thomas Ruff, han serigrafiado en la fachada motivos de su archivo de recortes de prensa, que comenzó el año 1981. Así, conviven desde prototipos de aviones, a Pintores famosos, pasando por estampas familiares o gente reunida trabajando... Todo ello configura una visión de nuestro mundo, especialmente en lo que se refiere a asuntos culturales o científicos.

- **Con láminas de materiales pétreos:**

Este innovador vidrio laminado contiene una fina capa de piedra natural que despliega su belleza entre líneas a través del acabado acristalado proporcionándole a la fachada un acabado único y exclusivo que revela los aspectos más bonitos de la piedra: color, translucidez y efecto de profundidad. Contrariamente a la piedra pura, son ligeros, insensibles a la intemperie y a la suciedad.

LVMH

- Proyecto de: Kengo Kuma
- Año de construcción: 2004
- Ubicación: Osaka, Japón



Ilustración 76.

Fuente: <http://kkaa.co.jp/works/architecture/lvmh-osaka/> (Recuperado 04 Mayo 2015)

El edificio es la sede del grupo Louis Vuitton en Japón, por lo que su imagen pretendía tener un alto impacto en el horizonte de la ciudad. El proyecto es una caja de piedra iluminada, en una de las calles comerciales más importantes de Osaka.

El exterior del edificio está acabado con losas de ónix de Pakistán 4 mm de espesor, montada entre dos paneles de vidrio.

Para iluminar las oficinas y proporcionarles con vistas a la ciudad, paneles de PET se alternan con losas de ónix cubiertas de vidrio con una proporción de aproximadamente 2 a 1. Esta innovación representa un nuevo desarrollo en el campo ambiguo de uso de la piedra como material de acabado, dando al edificio una particular, la imagen, pero no hacer un uso completo de todas las características del material. También es un intento de explorar la dicotomía entre la pared cerrada y la pared o ventana abierta.

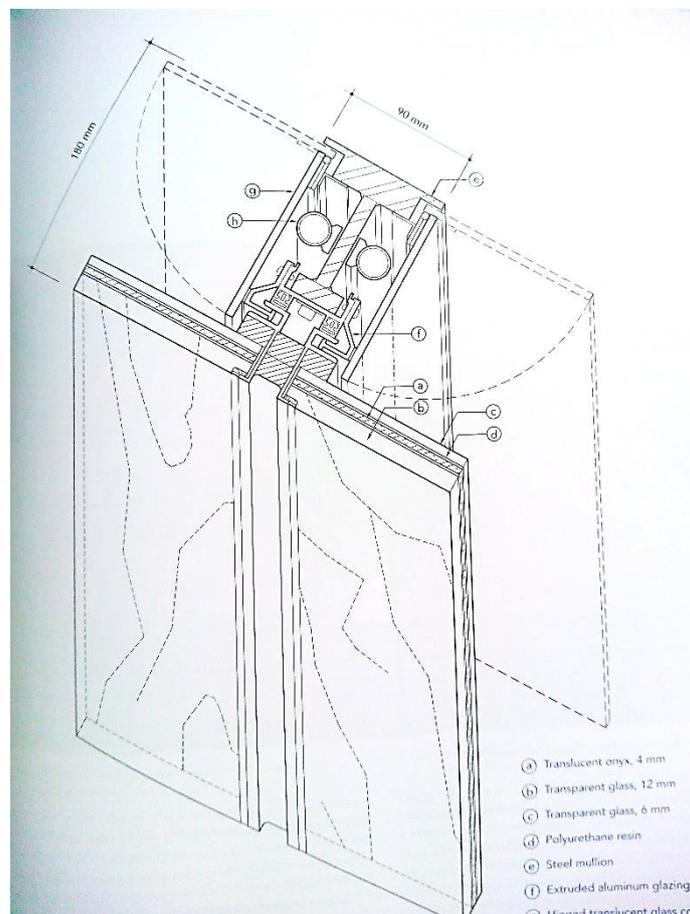


Ilustración 76A. Sección fachada LVMH

Fuente: MURRAY, SCOTT. 2013. Translucent building skins (Recuperado 04 Mayo 2015)

6. GEOMETRÍA Y VIDRIO

El vidrio ha sido el principal material utilizado como cerramiento de huecos en construcciones de todo tipo, debido a una serie de características inherentes a este material. Los avances técnicos en la industria del vidrio a partir del siglo XIX posibilitaron la fabricación de láminas de mayor tamaño logrando planchas de hasta 18000 x 3300mm, con mejores propiedades y a precios mucho más competitivos, permitiendo el desarrollo de una auténtica arquitectura en vidrio. Los grandes invernaderos, las galerías urbanas cubiertas y las estaciones de ferrocarril, son el punto de partida de una arquitectura más abstracta que juega con nuevos elementos: transparencia, brillos, reflejos. Sin embargo, la gran oportunidad del vidrio de mostrar todo su potencial constructivo no se ha podido dar hasta el siglo XX.

Desde entonces la evolución técnica del vidrio ha sido imparable, logrando con un material que, en principio, era frágil y sin cualidades aislantes, estructuras enteramente de vidrio o fachadas con un muy buen nivel de aislamiento térmico y acústico e incluso con una alta resistencia al fuego.³² Además con el fin de realizar una superficie de forma libre en la arquitectura, a menudo se rompe en elementos más pequeños, llamados paneles. Los paneles planos son los más fáciles y más baratos de producir para crear superficies compuestas por lo que el vidrio resulta el material perfecto para crear las llamadas superficies poliédricas o mallas poliédricas que actualmente juegan un papel clave en la geometría arquitectónica. Hoy en día, el vidrio, en sus múltiples variantes, si bien tiene que competir y convivir con otros productos, sigue siendo uno de los materiales más versátiles utilizados en la construcción, cuyo futuro ofrece insospechadas posibilidades. Las dos más destacadas en el campo del vidrio son las fachadas ligeras y las fachadas de vidrio estructural.

6.1 ENVOLVENTES LIGERAS.

Según la norma europea EN 13830, se define la fachada ligera como:

“Retícula de elementos constructivos verticales y horizontales, conectados conjuntamente y anclados a la estructura del edificio, lista para rellenar finalmente con paneles ligeros de cerramiento, hasta formar una superficie continua y ligera que delimita completamente el espacio interior respecto del exterior. Esta fachada aporta, por sí misma o conjuntamente con otros elementos del edificio todas las funciones

³² PROMATERIALES. 2009 La Fachada Transparente: De la piel vítrea al vidrio estructural.

normales que corresponden a un muro exterior, pero no asume ninguna de las características de soportes de cargas de la estructura principal del edificio.”

La fachada ligera se subdivide en muro cortina y en fachada panel.

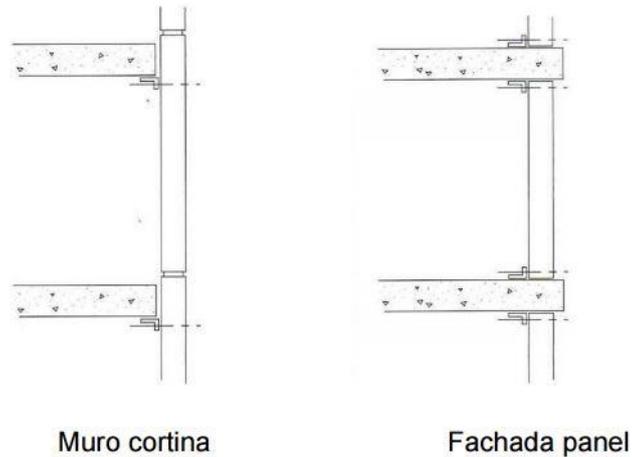


Ilustración 77. J.LL. ZAMORA & J.M. CALDERÓN Diseño de fachadas ligeras. Manual de introducción al proyecto arquitectónico (Recuperado 26 Marzo 2015)

- El concepto de muro cortina indica que la fachada pasa por delante de los forjados y en consecuencia está suspendida de ellos.
- El concepto de fachada panel indica que la fachada está situada entre los forjados y en consecuencia está apoyada en ellos.

Generalmente, se entiende por muro cortina un cerramiento ligero, predominante de vidrio, que se ancla y cuelga a los sucesivos forjados de un edificio de pisos. Es una fachada ligera de montantes y travesaños que tiene un aspecto increíblemente ligero y fino. Ya sea vertical u horizontalmente, tan sólo resultan visibles unos milímetros tanto desde dentro como desde fuera. Los muros cortina están típicamente diseñados con perfiles de aluminio extruido, aunque los primeros muros cortina fueron hechos en acero. El marco de aluminio suele estar ocupado con vidrio, que permite dar un aspecto agradable al edificio, al mismo tiempo que facilita la iluminación natural.³³

El sistema tradicional supone el transporte individual de los elementos y la colocación en obra, de forma paulatina, de perfiles verticales, horizontales y marcos tanto de visón como opacos. Exige un trabajo minucioso, de ajuste “in situ”, y dependiente de la climatología. Como opción a caballo entre el sistema anterior y la industrialización, el

³³ ARÁN MOLINA, YOLANDA.2011 Fachadas ligeras: muro cortina [Trabajo de fin de grado en línea] BENEDITO ZAMORA, R., Director. Universidad politécnica de valencia [disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/PFC%20MUROS%20CORTINA.pdf>]

sistema por piezas permite crear subelementos de fachada formados por varias piezas. El uso de paneles y superpaneles posibilita la modulación y la prefabricación que asegura un mejor control de la calidad de fabricación (juntas y sellados en fábrica) y de una puesta en obra mucho más rápida.

En los muros cortina tradicionales, la cara exterior del marco es la que recibe los esfuerzos de succión inducidos por el viento e impide que el acristalamiento caiga al vacío mientras que en el sistema de fachada panel es la propia estructura de hormigón, también existen la fachada de vidrio estructural de la que hablamos en el punto 5.2 donde es la junta de silicona la que garantiza esta función.

Pero los avances hacen ir más allá en la geometría de las edificaciones y hoy en día la incorporación de un sistema de mallas que se complementan con otros materiales como el vidrio ha dado lugar a un nuevo concepto de forma. Dando lugar a formas geométricas cada vez más sorprendentes en el mundo de la arquitectura

Algunos de los ejemplos más llamativos de envolventes ligeras que se han hecho hasta ahora son:

Sede de Sanidad de Bilbao

- Proyecto de: Coll-Barreu Arquitectos
- Año de construcción: 2008
- Ubicación: Bilbao, España



Ilustración 78. Sede de sanidad en Bilbao
Fuente: <http://goo.gl/IgS2o5> (Recuperado 26 Marzo 2015)

En muchos casos el muro cortina se encuentra formado por una malla que envuelve las diferentes piezas y da continuidad a la estructura. En este caso dota al edificio de un aspecto muy personal y fácilmente identificable estéticamente.

La doble envolvente de la fachada permite cumplir con los requerimientos urbanísticos, energéticos, de resistencia al fuego y de aislamiento acústico. Ésta está concebida no como un simple alzado sino como un sistema donde tienen cabida la técnica constructiva, el intercambio energético, el funcionamiento del edificio y la propia razón de ser del mismo. Así, el espacio interior y exterior se fusiona a través de los pliegues de la fachada generando múltiples puntos de vista de los entramados de la ciudad. El principal requerimiento a la hora de diseñar el nuevo edificio era el de agrupar al personal en un único espacio para agilizar las tareas administrativas y aumentar así la eficacia del servicio.

El cerramiento exterior está resuelto con el muro cortina MX contratapa puntual. Este sistema de fachada polivalente de Technal se ha adaptado perfectamente a la creatividad de los arquitectos gracias a su diseño flexible y abierto. Además, por su sistema de fijación de los rellenos de fachada, ha contribuido notablemente a mejorar las prestaciones térmicas del edificio y a reducir el consumo de energía. La piel del interior está resuelta con dos tipos de cerramientos. Ambas cuentan con Rotura del Puente Térmico para cumplir con las exigencias energéticas del proyecto.

Su fachada acristalada y formada por diferentes prismas, que reflejan las diferentes escenas de las calles del ensanche fue descrita por el arquitecto así:

“El edificio pliega sus fachadas para mirar en todas direcciones, responder al carácter cambiante y dinámico de la ciudad, relacionarse con el movimiento de las calles y observar los montes que enmarcan la metrópoli.

Es un edificio vitalista, que se auto-transforma continuamente a través de los reflejos, del paso de la luz y de los distintos brillos de Bilbao. Es un edificio de aspecto saludable, musculado. Es un edificio democrático, transparente, amable e informativo.

Sus fachadas son también un gesto de atención a los ciudadanos: el edificio se dobla y se hace amable a los requerimientos de sus administrados quienes, a su vez, se reflejan en él y determinan el aspecto de sus fachadas. Es un contenedor de progreso para una administración eficaz y, al mismo tiempo, un objeto continuista con la historia y la arquitectura del Ensanche de Bilbao.”³⁴

³⁴ COLL BARREU ARQUITECTOS. 2008' www.coll-barreu-arquitectos.com/ingles/healthdepartmentheadquarters01.html [En línea] circa ca: 2008 [Citado el 16 junio 2015]

Emporia

- Proyecto de: Wingårdh studio
- Año de construcción: 2012
- Ubicación: Malmö, Suecia



Ilustración 79. Edificio Emporia.

Fuente: <http://www.archdaily.com/386107/facts-emporia-wingardhs/> (Recuperado 05 Abril 2015)

Este edificio se trata de un proyecto masivo, de uso mixto que alberga un centro comercial de tres pisos, supermercados, oficinas y unidades residenciales.

Hay dos entradas al edificio. La entrada que se muestra en la imagen 79 es la entrada ámbar que rinde homenaje a las piedras semipreciosas ámbar producidos por la resina de extensos bosques de Suecia. La entrada "Mar" pretende hacerse eco de la masa de agua detrás del centro comercial.

Los colores fuertes y ángulos sorprendentes son dos temas visuales clave repetidas en todo el edificio. El edificio cuenta con una fachada de cristal curvado dramático. El amplio uso de vidrio ayuda a reducir la demanda de energía del centro comercial mediante el aprovechamiento de la luz sola. Emporia es un edificio en el que las paredes de vidrio y formas curvas van de la mano.

El fabricante de vidrio encargado de ello fue CRICURSA, quien fabricó 804 paneles de forma individual. Los paneles se formaron mediante la colocación de hojas de vidrio en moldes que se calentaron a 540 ° C, llevando al vidrio a hundirse en su nueva forma bajo su propio peso. Se trata de vidrios laminados, donde la lámina es la encargada de proporcionar el color. Una vez enfriado, los datos 3-D de los moldes se compararon con

una exploración digital de la parte de vidrio terminado para asegurar que la forma final cumplieran con todas las tolerancias mecánicas.

Una vez terminados fueron unidos al marco de aluminio que conecta con las estructuras tubulares de acero que hace que queden suspendidos de la losa del techo como un muro cortina.

Ericsson kista

- Proyecto de: Wingårdh studio
- Año de construcción: 2010
- Ubicación: Kista, Estocolmo



Ilustración 80. Ericsson kista

Fuente: <http://www.mattiashamren.se/ericsson-kista-building/> (Recuperado 05 Abril 2015)

Ericsson Kista es un edificio de oficinas para la empresa de telecomunicaciones Ericsson. El edificio ha sido diseñado por Wingårdh Arkitektkontor con Vasakronan como contratista. Ericsson Kista es un edificio de ocho plantas y un diseño cúbico distintivo. La fachada es un muro cortina tipo fachada panel con un exterior totalmente transparente, y lisa.

En el medio está lo que se conoce como el "crack" de la fachada. Lo que le da una impresión de que la casa está destrozada. El "crack" se compone de vidrios de colores en diferentes colores naranja.

Prada store

- Proyecto de: Herzog & de Meuron
- Año de construcción: 2003
- Ubicación: Tokio, Japón



Ilustración 81.

Fuente: <http://travelmodus.com/prada-tokyo-by-herzog-de-meuron.html>
(Recuperado 05 Abril 2015)

Estos arquitectos suelen utilizar el vidrio en el diseño de grandes casas de moda, convirtiendo a sus obras en sendas lámparas de glamour. Sin embargo esta vez han renovado un poco el concepto de muro cortina y utilizan el concepto de un armazón para su tienda Prada.

Al aproximarnos durante el día, la forma destaca dentro del perfil urbano, compuesto de cajas de hormigón y algunas excentricidades de otros arquitectos. Este edificio destaca más por ser un edificio más bien tallado que construido.

Se trata de un volumen irregular, donde sus 6 pisos han sido trabajados de manera que el volumen no parezca tan alto, y también para cumplir con las regulaciones de altura

que la planificación que Tokio impone en esta zona. Para ello se han rebajado algunas de sus esquinas, por lo que la percepción de la forma volumétrica varía desde la ubicación del usuario.

El volumen está formado una grilla romboidal de tubos metálicos, cuyos espacios se han rellenado con paneles de vidrio cóncavos, convexos y planos, algunos transparentes y otros translúcidos, dándole textura y variedad a la superficie.

La trama tiene también fines estructurales, comportándose como una malla flexible que arriestra, junto con la caja de elevadores, las losas de hormigón y que permite dar mayor elasticidad a la unión de los vidrios en caso de sismo.

Cada pieza curvada está formada por un vidrio laminado y otro monolítico, todos ellos siguiendo la misma forma, separados por una cámara aislante. Un sistema de sujeción antisísmico, anclado internamente en el vidrio, es el que conforma el doble acristalamiento a la vez que permite la ausencia de marcos en el exterior. De esta forma se consigue el aislamiento térmico necesario.

6.2 ENVOLVENTES AUTOPORTANTES. VIDRIO ESTRUCTURAL

A la hora de referirse al Vidrio Estructural, a menudo surgen confusiones derivadas de una falta de definición terminológica.

Hoy en día, las posibilidades estéticas del sistema estructural suscitan gran interés entre los arquitectos y proyectistas en virtud de la elegancia, luminosidad y espectacularidad estética de la que dota este sistema de acristalamiento a las edificaciones.

Hasta hace poco se identificaba el Vidrio Estructural como aquel “envidriado” sellado con silicona estructural. El concepto de Vidrio Estructural cada vez más se refiere a un elemento constructivo en el que el propio vidrio asume las funciones estructurales como vidrio suspendido, actuando como elemento estructural, o Vidrio Estructural Atornillado (o anclado) VEA, con dos opciones: formando parte de la estructura o constituyéndola.

35

En lugar de estar montado en un marco, el cristal se fija a un soporte, que a su vez está unido a un elemento estructural del edificio, la estanqueidad de todo el sistema se

³⁵ PROMATERIALES. 2009 La Fachada Transparente De la piel vítrea al vidrio estructural.

obtiene por un sello de silicona. El cristal se fija sobre su soporte por medio de una junta de silicona a lo largo de los bordes de la superficie interna. Esta técnica se puede utilizar con casi todos los tipos de vidrio, incluyendo las unidades de vidrio aislante.

Existen básicamente dos tipos de fachadas de vidrio estructural:

De dos lados: El acristalamiento se aplica directamente a la retícula portante, fijándose (pegado) dos de los cuatro lados, generalmente los verticales. La fijación de los otros dos lados se realiza mecánicamente mediante tapetas de aluminio

De cuatro lados. Aquí el vidrio se fija en sus cuatro lados, mediante siliconas de alto módulo, tipo acético, monocomponente o bicomponente de reticulación más rápida.

Las ventajas de este sistema estructural son:

- Reducción del puente térmico. En las fachadas estructurales, el efecto del puente térmico queda reducido, al no estar el marco en contacto directo con el ambiente exterior.
- Reducción del puente acústico. Al no estar en contacto con los bastidores, se atenúa la transmisión del sonido en caso de vidrios de aislamiento acústico.
- Mayor resistencia a sismos. Al utilizarse para la sujeción del vidrio, un material de cierta elasticidad como es la silicona estructural.

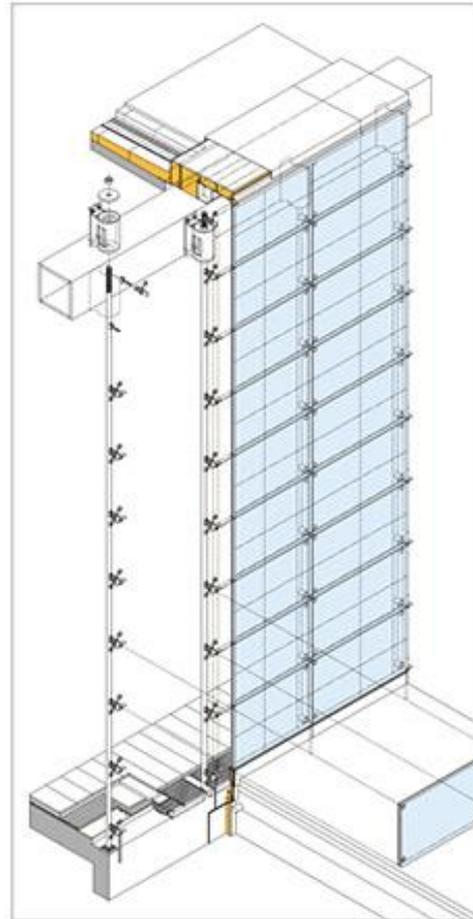


Ilustración 82. Sección vidrio estructural
Fuente: <http://goo.gl/BAHoJz> (Recuperado 26 Marzo 2015)



Ilustración 83.
Fuente: <http://goo.gl/GqIYZX>
(Recuperado 26 Marzo 2015)

También existe otra posibilidad de crear fachadas de vidrio sin marco mediante el empleo de arañas de sujeción (spiders) que son las que soportan al vidrio. Es lo que se conoce como vidrio estructural abotonado.

En el anejo B se adjuntan una serie de detalles constructivos de AGC donde podemos ver las diferentes soluciones que ofrecen ante la colocación de vidrio estructural.

El Acristalamiento Estructural con silicona es un método que utiliza un adhesivo de silicona para fijar paneles de vidrio, metal u otros materiales a la estructura de un edificio. La carga del viento y otras cargas sobre la fachada se transfieren del vidrio o panel a través de la silicona estructural a la estructura del edificio. La silicona estructural debe mantener su integridad adhesiva y cohesiva mientras la fachada está sujeta a la carga del viento y tensiones térmicas.

En este campo enumeramos a continuación unos ejemplos de interés:

The Piano House.

- Proyecto de: Huainan Fangkai Decoration Project Co
- Año de construcción: 2007
- Ubicación: Huai, China



Ilustración 84. The piano house

Fuente: <http://unusualplaces.org/piano-house/> (Recuperado 05 Abril 2015)

La música hecha un edificio. Una casa con forma de piano y violín.

El diseño del conjunto fue desarrollado por estudiantes de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Hefey con colaboración de esta compañía. Aunque su nombre pueda engañarnos, como podéis apreciar en la foto la construcción la conforma un edificio en forma de piano acompañado de un hermoso violín de cristal a modo de decoración y mirador, ambos creados a escala 50:1.

El violín de cristal únicamente cuenta en su interior con unas escaleras que permiten acceder a su cúspide para tener una mejor vista del edificio principal, el que tiene forma de piano. En principio, el edificio se proyectó para albergar a los estudiantes de música de la Universidad de Huainan, dotándoles de un lugar apropiado y vistoso para que pudieran practicar, actualmente lleno de oficinas, salas de reuniones, salones para conciertos, exposiciones y ensayos.

Como no podía ser de otro modo, conociendo la atracción de la cultura asiática por los colores llamativos y vistosos, al caer el día, el conjunto arquitectónico se ilumina, dejando ver el contorno del piano y del violín.

La fachada que conforma el violín está formada por planchas de vidrio estructural.

Edificio Infosys.

- Proyecto de: Hafeez Contractor
- Año de construcción: 2008
- Ubicación: Pune. India



Ilustración 85. Edificio Infosys

Fuente: <http://goo.gl/ilQfGj> (Recuperado 05 Abril 2015)

La casa central de Infosys en India, es un precioso edificio de alta tecnología. La estructura entera parece una aeronave y esta ilusión es creada por su forma: una estructura elipsoide con inclinado en aproximadamente 10 grados de ángulo.

El edificio fue el primer ocupante del parque IT llamando Parque Rajiv Gandhi Infotech.

El edificio Infosys definitivamente es el mejor de todos. Fue construido en base a los diseños del arquitecto Hafeez Contractor un importante y respetado arquitecto indio conocido por su compromiso por los diseños “verdes”. El edificio es una combinación de acero, vidrio y aluminio. En este caso formando un ovoide de materiales mixtos. Donde la envolvente de vidrio estructural encaja perfectamente con el acero y el aluminio.

6.3 NUEVOS DESARROLLOS TECNOLÓGICOS

Uno de los mitos que se pretende romper es el de que el vidrio no se puede utilizar como elemento estructural, ya que el vidrio como ya hemos visto es frágil pero resistente. A continuación vamos a nombrar algunos ejemplos en los que el vidrio actúa como elemento principal resistente:

El vidrio, bajo sus diferentes formas y composiciones, constituye uno de los materiales más utilizados en la construcción. Desempeña múltiples funciones: Estética, Confort, Seguridad... Aunque se trata de un material muy antiguo, gracias al esfuerzo de I+D, está teniendo una importante evolución durante estos últimos años.

Probablemente la falta de una normativa de referencia hasta hace poco sea lo que haya frenado un uso más generalizado del mismo. Existen, sin embargo, publicaciones de extraordinaria calidad como el documento “Structural Use of Glass”, publicado por la IABSE (International Association for Bridge and Structural Engineering), en las cuales se describen las propiedades y métodos de cálculo del vidrio como material estructural.

Actualmente se están desarrollando nuevas propiedades y funciones mediante modificaciones en su composición, tratamientos de su superficie o asociación con otros productos.

Aquí hacemos mención a tres usos en los que no estamos acostumbrados a tratar con vidrio:

6.3.1 PAVIMENTOS

Aunque no es común cada vez más nos encontramos con suelos de vidrio laminado. Incluso podemos encontrar hojas de cálculo modelo para cálculos en cargas de suelo. Cuando se diseñan suelos de vidrio (superficies para caminar, descansos, escaleras y ubicaciones similares), por lo general es recomendable aplicar los siguientes criterios:

- El vidrio laminado debe tener un mínimo de tres hojas y debe ser capaz de soportar la carga de diseño total con cualquiera de ellas quebrada.
- Debe considerarse en el diseño el daño en la superficie causado por personas u objetos colocados en el vidrio que puedan reducir de manera importante la resistencia del vidrio.
- Los suelos de vidrio pueden estar sujetos a condiciones que pueden hacerlos resbaladizos u objeto de cargas de alta presión o alto impacto. Según el CTE (DB SUA Sección SUA 1) para poder ser utilizado en suelos de edificios, pasarelas, piscinas, debe cumplir unos valores mínimos de resistencia al deslizamiento. Estos valores deben estar entre el nivel 0 y 3, siendo este último el nivel menos resbaladizo.

Tabla 1.1 Clasificación de los suelos según su resbaladicidad

Resistencia al deslizamiento R_d	Clase
$R_d \leq 15$	0
$15 < R_d \leq 35$	1
$35 < R_d \leq 45$	2
$R_d > 45$	3

Ilustración 86. Clasificación de los suelos según su resbaladicidad
Fuente: CTE DB-SUA (Recuperado 05 Abril 2015)

A continuación algunos ejemplos llevados a cabo de pavimentos de vidrio:



Ilustración 87. Grand Canyon Skywalk
Fuente: es.wikipedia.org/wiki/Grand_Canyon_Skywalk (Recuperado 05 Abril 2015)



Ilustración 88. Mirador de la Torre Willis,
Fuente: <http://goo.gl/BS0WEY>
(Recuperado 05 Abril 2015)



Ilustración 89. RRA Studio en J7
Fuente: <http://goo.gl/vxHBCM>
(Recuperado 05 Abril 2015)

Los cálculos de resistencia y estabilidad no son el único elemento que necesita atención durante el diseño de un suelo de vidrio. Los efectos psicológicos y necesidad de la vida privada deben ser considerados.

Debido a que la gente percibe el vidrio como material frágil, puede ser difícil para ellos aceptar que un suelo completamente transparente va a llevar su peso de manera segura.

6.3.2 CUBIERTAS

En techos o vidriados inclinados transparentes se debe emplear vidrio de seguridad ya que es la zona del edificio que va a soportar cargas permanentes y variables más fuertes, un techo vidriado transforma a la proporcionándole una sensación de mayor amplitud y luminosidad al espacio interior de una obra de arquitectura.

No obstante y debido a su posición, estos acristalamientos están sometidos a una serie de esfuerzos y sollicitaciones más exigentes que las de un vidrio vertical.

Es por ello que en la selección y definición de sus características y propiedades, el proyectista deberá prestar especial atención a los siguientes aspectos:

- Un techo vidriado o acristalamiento inclinado, presenta mayores posibilidades de recibir el impacto de objetos.
- En caso de rotura, deberá brindar seguridad y protección a las personas.
- Este tipo de acristalamientos pueden alcanzar temperaturas sustancialmente mayores que las de un vidrio vertical, debido al ángulo de incidencia de la radiación solar y al mayor tiempo de exposición a ella. Se debe considerar entonces la conveniencia del empleo de cristales de seguridad de color o reflectantes para reducir el ingreso de calor solar radiante al interior del ambiente, los que deberán ser procesados térmicamente a raíz de las tensiones presentes que podrían ocasionar la fractura del cristal.
- En la determinación del espesor mínimo conveniente, no sólo deberá tenerse en cuenta el tamaño del paño y la presión del viento, sino que deberán considerarse otras cargas como el peso propio del vidriado y la eventual acumulación de agua o nieve que podrían producir una flexión excesiva del paño.

A continuación algunos ejemplos llevados a cabo de techos vidriados:



Ilustración 90. Vivienda unifamiliar Naoi Architecture
Fuente: <https://www.pinterest.com/pin/371124825516308352/>
(Recuperado 05 Abril 2015)



Ilustración 91. Vivienda unifamiliar en Suecia con techo solar soltech
Fuente: <http://www.solucionesespeciales.com/2012/10/tejas> (Recuperado 05 Abril 2015)



Ilustración 92. Museo Británico de Londres
Fuente: <http://www.nyhabitat.com/sp/blog/2012/> (Recuperado 05 Abril 2015)

6.3.3 ELEMENTOS ESTRUCTURALES

El vidrio es un material que ha sido utilizado por los seres humanos en la vida cotidiana durante miles de años; Sin embargo, no ha sido visto como un material estructural hasta las últimas décadas. La gente tiene miedo del uso estructural del vidrio, principalmente por dos razones: la fragilidad y transparencia. La fragilidad del vidrio hace que el vidrio rompa antes de ceder, lo que significa que nada podía presagiar la rotura de vigas de vidrio y por lo tanto la gente no tiene la advertencia de alejarse de las estructuras potencialmente peligrosas. La transparencia hace pensar que no son lo suficientemente fuertes. Sin embargo, si echamos un vistazo en las grandes propiedades estructurales de vidrio, nos damos cuenta de que el vidrio puede ser un buen material estructural.

Aunque la resistencia a la tracción de vidrio es sólo alrededor del 20% del acero, todavía es muchas veces más fuerte que el hormigón y la madera, y la resistencia a la compresión del vidrio es aún mayor que la del acero. Aunque la tracción en relación de resistencia-densidad no es tan buena, es todavía casi el 60% de la del acero.

Quienes apostaron por esto sabían que hay dos maneras de mejorar las propiedades de resistencia de vidrio, con un tratamiento térmico o con un fortalecimiento químico y con la introducción del vidrio laminado.

La estrategia de la laminación proporciona cristal con un tipo de plasticidad y ductilidad. Los gráficos de tensión-deformación sólo pueden mostrar propiedades mecánicas de los materiales, que en este caso no nos es muy útil para entender cómo funciona el proceso de laminación, por eso vamos a examinar mejor la gráfica de fuerza-desplazamiento. La curva de fuerza-desplazamiento de acero y vigas monolíticas es la misma que la curva de tensión-deformación, mientras que las vigas de vidrio laminado muestran algunas nuevas características.

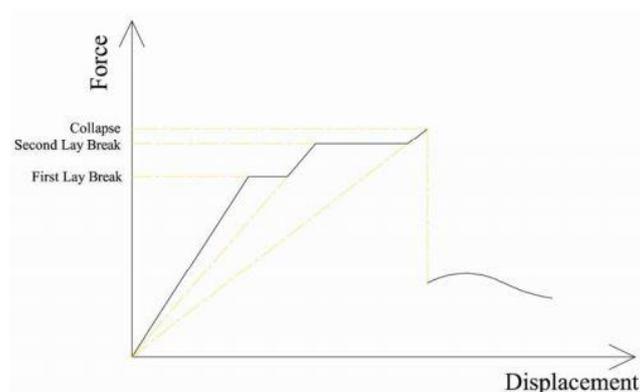


Ilustración 93. Gráfica fuerza-desplazamiento.

Fuente: FU, LEI. Glass beam design for architects: brief introduction to the most critical factors of glass beams and easy computer tool (Recuperado 05 Abril 2015)

En la ilustración 93. Podemos observar una curva de fuerza-desplazamiento imaginaria de una viga de vidrio de cuatro capas, que es lo suficientemente fuerte como para permitir la rotura de dos capas, y suponemos hojas de vidrio se rompen capa por capa antes de que toda la estructura se derrumba.

También podemos usar vigas mixtas de acero y vidrio o madera y vidrio para mejorar las propiedades de estas.



Ilustración 94. Secciones de vigas mixtas con vidrio

Fuente: <http://www.zdnet.com/article/glass-i-beams-and-rooftops-the-cold-bent-truth/>
(Recuperado 05 Abril 2015)

Los elementos constructivos, vigas, cuando se someten a esfuerzos de flexión simple reaccionan en sus secciones internas con una tensión de compresión en la parte superior y una tensión de tracción en la parte inferior, que son más importantes en las fibras extremas de la sección y van disminuyendo hasta su punto de encuentro en la fibra neutra de la propia sección.

En el caso del vidrio la resistencia a la tracción es muy inferior comparada a su gran resistencia a compresión, lo que hace que las vigas se tengan que dimensionar al máximo esfuerzo de tracción que pueda resistir, mientras que la zona comprimida estaría muy por debajo de sus posibilidades reales de resistencia. Debemos tener en cuenta que la resistencia a compresión de un vidrio recocido es de 10000 kg/cm^2 , mientras que su resistencia a tracción es de 400 kg/cm^2 , 25 veces menor.

Otro elemento constructivo realizado en vidrio cada vez con mayor frecuencia son las escaleras, que son cada vez más comunes. Algunas escaleras son una combinación de peldaños de vidrio con soporte de acero y otras son solo vidrio unido al elemento portante con fijaciones metálicas o de otro tipo. Los peldaños de vidrio son generalmente de vidrio laminado, suelen tener espesores grandes ya que deberían estar diseñados para soportar la carga dinámica de las personas en caso de evacuación durante una emergencia.



Ilustración 95. Escaleras de vidrio

Fuente: <http://www.beaverealty.com/the-glass-stairway/>
(Recuperado 05 Abril 2015)



Ilustración 96. Vigas portantes de vidrio

Fuente: <http://openbuildings.com/buildings/glass-pavilion-profile-3873>
(Recuperado 05 Abril 2015)

Para eliminar completamente cualquier obstrucción visual, lo único que nos queda son los pilares. Como otros miembros de vidrio estructural estos están diseñados con vidrio laminado de modo que el panel interior puede soportar toda la carga sin la ayuda de los paneles más exteriores.

Para ello han de tenerse una serie de consideraciones ya que un pilar puede fallar de tres formas.

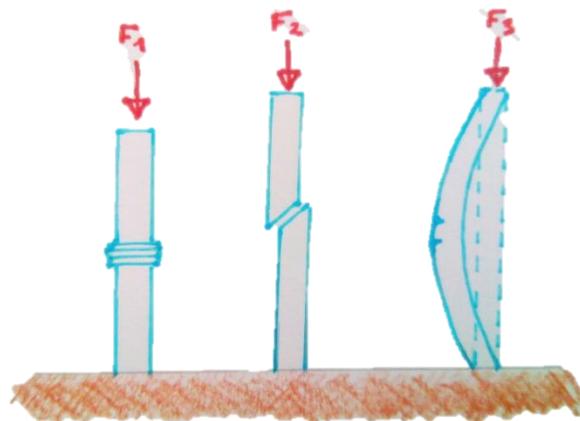


Ilustración 97. Diferentes formas de fallo en un pilar

Fuente: propia

El método menos probable de fallo en un pilar de vidrio sería el primero donde la columna ya no puede soportar la fuerza de compresión. La siguiente forma de colapso es un fallo de cizallamiento, donde la fuerza de corte es demasiado grande y dos piezas de la corredera a lo largo de cada miembro de otra. Y el tercero es el más común donde el pilar flexa. En este caso, el miembro se inclina hacia fuera hasta que finalmente se rompe en el centro.

Aunque vidrio funciona bien bajo compresión, es difícil prevenir el pandeo en un pilar de vidrio. Cuando un pilar de vidrio pandeo, las fuerzas de tensión se introducen en el vidrio, y debido a que no es un material elástico este rompe. Para reducir esta probabilidad de rotura empleamos el vidrio laminado. De esta cada capa actúa como un soporte lateral para los otros y la relación de esbeltez se reduce.

Como ejemplo llevado a cabo de este tema he escogido los proyectos de Carlo Santambrogio con colaboración de Ennio Arosio. Los proyectos "Snow House" y "Cliff House". En ambos proyectos se lleva a cabo el concepto de vivienda transparente donde cada componente de las viviendas, a excepción de la cimentación, se compone de elementos estructurales de vidrio diseñados para ser construidos en casi en cualquier lugar del mundo y permitir a los habitantes estar completamente inmersos en la naturaleza.

La "Snow House" como su nombre lo indica, se encuentra en climas más fríos y está construida de paneles gruesos capaces de soportar cargas más grandes, es decir, la de la nieve, lo que también le ayudará a aislar el interior. Con el toque de un botón, los paneles de vidrio especiales se convierten al instante en mate proporcionando la posibilidad de una vida privada en una casa de vidrio, aunque equipada también con elementos auxiliares como son las cortinas correderas en las habitaciones.

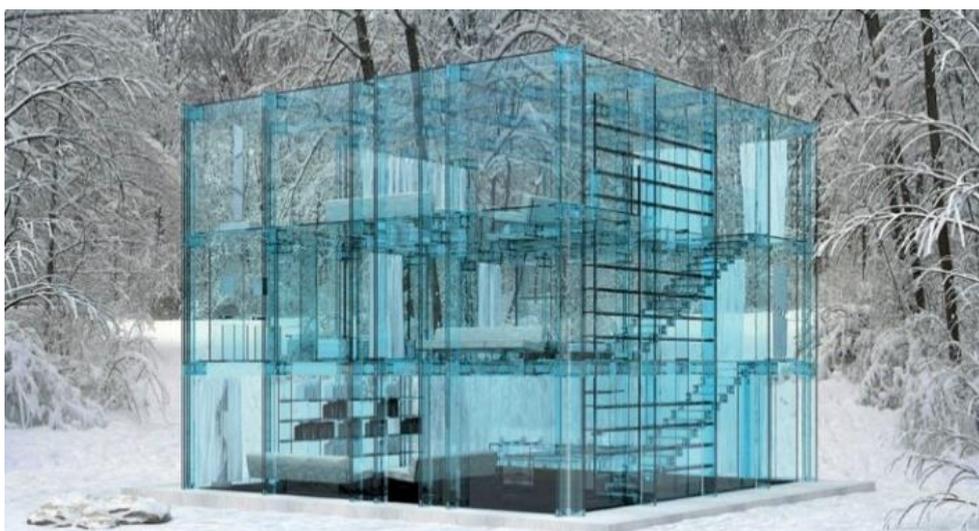


Ilustración 98 Snow house.

Fuente: <http://goo.gl/HUUnuf> (Recuperado 05 Abril 2015)

La “Cliff House”, por otro lado contiene vidrios más ligeros y delgados. Elementos de vidrio que ya no se preocupan por posibles cargas externas que actúen sobre la estructura. Elevado sobre una capa delgada de agua, la vivienda permite que el propietario se sienta como si flotara sobre un océano que también se percibe en el horizonte. Esta casa está diseñada para proporcionar al usuario una inmersión total en la naturaleza proporcionando una visión de 360 grados del entorno inmediato sin ningún pilar o viga que entorpezca su visión.



Ilustración 99. Cliff House. Milano, Italy.
Fuente: <http://goo.gl/lv8hic> (Recuperado 05 Abril 2015)

6.4 NUEVAS POSIBILIDADES GEOMÉTRICAS

Como ya hemos visto hasta ahora con el vidrio se puede lograr cualquier forma geométrica imaginable siempre y cuando estemos hablando de módulos de pequeñas dimensiones. Actualmente se construyen edificaciones muy grandes o muy altas de dimensiones, impensables antes de la aparición del hormigón armado o el empleo general del acero. Esta aparición fue muy importante para dar paso a la eliminación del cerramiento exterior como muro de carga aligerando así las edificaciones. Gracias a la creación interior de lo que voy a denominar esqueleto, esa estructura portante formada por vigas y pilares se pudieron crear edificaciones como las que se detallan a continuación siendo el vidrio un elemento exterior no portante.

6.4.1 RASCACIELOS

Si antaño las catedrales fueron los edificios insignia de las grandes ciudades, objeto de contemplación, fascinación y peregrinación, hoy en día esta “función” la desempeñan los rascacielos, edificios corporativos recubiertos de vidrio, los que provocan fascinación al observador ajeno y atraen turismo a las ciudades que los albergan.³⁶

Uno de los principales impulsores de la arquitectura del vidrio fue, sin duda, el arquitecto alemán Ludwig Mies Van Der Rohe quien diseñó lo que se dice que es el primer rascacielos de vidrio en el mundo en 1921, donde se asocia la fachada de cristal con la pureza y la renovación. Más tarde, el arquitecto británico Richard Rogers elogió edificios de cristal debido a su valor social. Las paredes de vidrio permitieron incluso a los empleados que trabajan en el sótano beneficiarse de la luz natural.

³⁶ SALVADOR BOADA, X. 2013, Los límites del vidrio. Aproximación analítica a los límites de las prestaciones energético-lumínicas del vidrio. [Trabajo final de master] Ignacio Patricio, director Universitat politècnica de Catalunya. [Consulta 25 junio 2015] Barcelona.

Edificio Shard London Bridge

- Proyecto de: Renzo Piano, William Matthews
- Año de construcción: 2009-2012
- Ubicación: Londres, Inglaterra



Ilustración 100. Shard London Bridge

Fuente: <http://www.espacioyconfort.com.ar/arquitectura/the-shard.html> (Recuperado 05 Abril 2013)

Se trata de un edificio de 306 metros de altura y 11.000 paneles de cristal que recubren el exterior. Totalmente revestido en vidrio, y realizado además con granito y acero, el edificio fue diseñado con una forma de triángulo irregular que se mantiene desde la base hasta la parte superior, reduciendo continuamente su superficie. La idea según Piano es el cambio de las funciones del edificio en las diferentes alturas. Así, la forma piramidal se adapta a la variedad de usos propuestos. Cuánto más arriba, menos espacio físico se precisa, porque al llegar a la parte superior, el objetivo del arquitecto era simplemente que el edificio se fundiera en el cielo, “que respirara en las nubes”.

Conceptualmente, Renzo Piano define The Shard como la primera ciudad vertical de Londres, la cual en 2013 se completó con una plataforma panorámica que ofrece las mejores vistas de Londres (una plataforma de observación en el último piso con una vista de 360º de toda la ciudad).

Además, gracias a los pliegues de la fachada, que parece “inacabada”, se crea un efecto de desmaterialización a medida que se asciende en la altura.

Su forma y apariencia, tanto como su función, lo distinguen de todos los edificios altos a través del río Támesis, sobre todo porque su íntegro revestimiento de cristal refleja el cielo y los edificios circundantes.

Por último, cabe destacar que durante la construcción se establecieron objetivos estrictos para minimizar el impacto sobre el medio ambiente y maximizar la eficiencia energética.



Ilustración 100A. Shard London Bridge

Fuente: <http://www.espacioyconfort.com.ar/arquitectura/the-shard.html> (Recuperado 05 Abril 2015)

Rascacielos Kingkey

- Proyecto de: Terry Farrell and Partners
- Año de construcción: 2011
- Ubicación: Shenzhen, China



Ilustración 101. Rascacielos Kingkey
Fuente: <http://goo.gl/UOjQeL>. (Recuperado 05 Abril 2015)

Diseñado por el estudio Terry Farrell and Partners. La torre de oficinas financieras de 441,80 metros es el más alto de Shenzhen. El diseño curvo del perfil de la torre hace alusión a un manantial, simbología de la prosperidad de Shenzhen. El edificio de 100 pisos es parte del plan maestro para la zona que incluye una intervención de uso mixto de 417.000 que incluye cinco edificios de viviendas y dos edificios comerciales.

Los primeros 3 pisos están ocupados por el centro comercial, a partir del piso 4 y hasta el piso 72 se dispone de 173.000 m² de oficinas, mientras que a partir del piso 75 hasta el 100 está ocupado por un hotel. La ubicación de la estructura de sostén en los bordes del prima permiten plantas libres para las oficinas y muy buenas visuales hacia todos los lados de la ciudad.

El muro cortina de la fachada se abre sobre la base del edificio para crear una saliente que contiene el acceso al edificio de oficinas, y sobre el lado opuesto se ubica el centro comercial. El techo está constituido por una curva suave de vidrio con estructura de acero. La superficie total del edificio es de 45.665 m².

Un proyecto innovador de alta densidad que tiene un enfoque totalmente nuevo para la toma de la ciudad. La esbeltez trae algunos retos, sobre todo el swing o la relación de la deriva y la robustez de la torre y el rendimiento de los elementos clave. En lugar de poner generadores en la parte superior del edificio, el techo está constituido por una estructura de muro cortina y acero esmaltado suave curva.

56 Leonard Street

- Proyecto de: Herzog & de Meuron
- Año de construcción: 2010
- Ubicación: Nueva York, USA.



Ilustración 102. 56 Leonard Street

Fuente: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=708580&page=19&langid=5>.

(Recuperado 05 Abril 2015)

De pie como una torre Jenga ³⁷ gigante de cristal y acero, ambicioso primer diseño del rascacielos de Herzog & de Meuron.

Un rascacielos de cristal traslúcido diseñado para parecerse a un montón de casas apiladas en el cielo con terrazas en voladizo. Cada nivel se calculó progresivamente con cajas de diferentes tamaños dispuestas en diferentes ángulos para crear planos de planta únicos.

La torre reinventa el clásico rascacielos americano tratando de encajar como una imagen pixelada de un Cubo de Rubik. Su fachada es un claro ejemplo de fachada panel que proporciona vistas a la ciudad desde prácticamente todos los ángulos.

³⁷ Torre de Jenga: es un juego de habilidad física y mental, en el cual los participantes, deben retirar bloques de una torre por turnos y colocarlos en su parte superior, hasta que ésta se caiga. Se ubican en formación cruzada por niveles de tres bloques juntos hasta conformar una torre lo suficientemente esbelta para que caiga.



Ilustración 102A. 56 Leonard Street

Fuente:

<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=708580>

(Recuperado 05 Abril 2015)

La Torre Agbar

- Proyecto de: Jean Nouvel
- Año de construcción: 2005
- Ubicación: Barcelona, España.



Ilustración 103. Torre Agbar

Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/Torre_Agbar (Recuperado 11 Mayo 2015)

La Torre Agbar es un "pequeño rascacielos" de 142 m de altura. Su forma emula un surtidor de agua en constante, imagen idónea para la sede corporativa de una compañía de aguas. Estructuralmente, el edificio responde a un modelo de núcleo y perímetro exterior portantes que transmiten las cargas de unas plantas libres de apoyos intermedios.

El la envolvente exterior se "pixeliza" según una trama de módulo rectangular. La densidad de perforaciones en el muro viene condicionada, en parte, por la radiación solar. Siguiendo este entramado, se colocan módulos de chapa de aluminio lacada en 25 colores diferentes y una segunda piel de lamas de vidrio con diferentes grados de transparencia que difuminan la torre.

Futuroscope

- Proyecto de: Denis Laming y Pierre Tuloup
- Año de construcción: 1987-Actualidad
- Ubicación: Poitiers, Francia.



Ilustración 104. El Kinémax

Fuente: <http://goo.gl/JXWv2t> (Recuperado 11 Mayo 2015)

El concepto de Futuroscope es anticipar el futuro y democratizar las nuevas tecnologías para ofrecer al público vivir en el presente momentos del futuro. Precisamente por eso una de las últimas novedades que inauguraba el parque hace tan solo unas semanas era el primer aerobar del mundo, en donde puedes tomar una copa a 35 metros de altura y con los pies colgando.

Su apuesta por las nuevas tecnologías hace que este parque se renueve año tras año, incorporando novedades y estando a la última.

El arquitecto Denis Laming ha imaginado todos los pabellones del Futuroscope y de la tecnópolis vecina, creando los contornos de la formidable "ciudad del futuro" deseada por los fundadores del parque. Entre los más conocidos, citemos el Pabellón del Futuroscope, una esfera colocada sobre un prisma recto, o el Kinémax, nuevo símbolo del Futuroscope desde 2003. Durante este 2013 la mayor novedad en el parque es el enfoque dedicado a la música. El conjunto se compone como un parque de esculturas.

El arquitecto suele utilizar formas geométricas que tienen un valor simbólico. El material a destacar hasta ahora en sus obras ha sido el vidrio con el que crea obras con espejos

responsables de jugar con nuestra percepción, nuestros sentidos, la creación de efectos de iluminación, reflejos engañosos, falsa transparencia, la duplicación y cambios de apariencia debido a la interrupción del tiempo.

La arquitectura tenía que permanecer en una escala humana. Importante labor ha sido la de mantener siempre la escala correcta. De hecho, cada edificio ocupa una superficie de entre 1.000 y 1.500 m². Para hacer frente a estas proporciones, algunos edificios se esconden las dos terceras partes de su superficie construida.

El Futuroscope combina naturaleza y la arquitectura para crear un ambiente donde esferas, cubos y espejos viven en armonía con el agua, los árboles y las flores para inventar panoramas y paisajes sorprendentes y originales curvas Omnipresencia línea curva es un elemento estructural fundamental del Parque, que gobierna todo el tráfico peatonal particular: las rutas principales curvas se ramifican a intervalos regulares en la circular también las carreteras secundarias. En esta trayectoria curvilínea cumplen la redondez de las esferas.

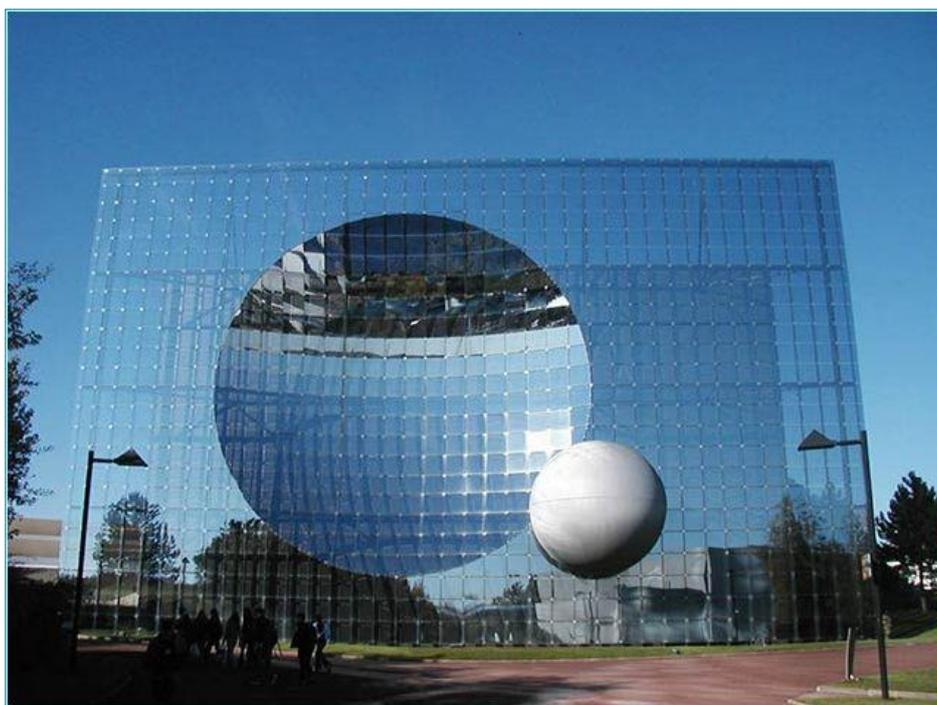


Ilustración 104A. Cine del futuroscope
Fuente: <http://goo.gl/JXWv2t> (Recuperado 11 Mayo 2015)

6.5 NUEVAS POSIBILIDADES DE DISEÑO EN ENVOLVENTES DE VIDRIO

Actualmente se le da mucho juego a la masa vítrea ya que además de compaginar bien sus propiedades en conjunto con otros materiales, admite la inclusión en su propia masa de otros elementos.

En muchas ocasiones también se puede sustituir la cámara de aire por otros componentes que hacen que el vidrio funcione de manera diferente convirtiéndose en el complemento perfecto. Dotando al mismo de nuevas propiedades.

6.5.1 CON TECNOLOGÍA LED

La Zero Energy Media Wall. Xicui

- Proyecto de: Simone Giostra & Partners Arquitectos
- Año de construcción: 2008
- Ubicación: Beijing, China



Ilustración 105. La Zero Energy Media Wall. Xicui
Fuente: <http://goo.gl/JNO1gh> (Recuperado 11 Mayo 2015)

Una vez más la integración de la tecnología y de los medios de comunicación, información con la arquitectura en un contexto urbano. Esto es lo que representa este nuevo tipo de superficie de comunicación dedicado a formas inéditas de arte. El uso innovador de la tecnología y el enfoque experimental para la comunicación y la interacción social define nuevos estándares en el contexto de intervenciones urbanas en todo el mundo, aumentando el interés mundial en la integración de la tecnología digital con la arquitectura.

La fachada está compuesta en una de sus caras por una enorme pantalla de Leds de color se trata del primer sistema fotovoltaico integrado en un muro cortina de vidrio, GreenPix fue el encargado de transformar esta fachada en un sistema orgánico autosuficiente, donde de la energía solar durante el día alimenta el edificio e ilumina la pantalla al anochecer, reflejando ciclo climático de un día.



Ilustración 105A. Detalle de la instalación de las placas solares con leds integrados en la fachada de La Zero Energy
Fuente: <http://goo.gl/JNO1gh> (Recuperado 11 Mayo 2015)

Harpa-Auditorio y Centro de Congresos

- Proyecto de: Henning Larsen Architects, Batterið Architects
- Año de construcción: 2011
- Ubicación: Reykjavik, Islandia.



Ilustración 106. Harpa-Auditorio y Centro de Congresos

Fuente: http://es.wikiarquitectura.com/index.php/Harpa-Auditorio_y_Centro_de_Congresos (Recuperado 11 Mayo 2015)

Ganador del Premio Mies van der Rohe 2013, cuenta con una fachada icónica y transparente de lo que el artista elias olafur denominó “cuasi ladrillo”.

Harpa es el hogar de la Orquesta Sinfónica y de la Ópera de Islandia, atrayendo a un público relacionado con la cultura, la arquitectura y el arte, además de proporcionar un excelente lugar para la mezcla de negocios a nivel internacional y eventos comerciales, con una capacidad única para acoger tanto grandes actuaciones como otras más íntimas o banquetes.

Las diferentes fachadas se componen de distintas variaciones del cuasi-ladrillo. La fachada sur cuenta con 823 unidades cuasi-ladrillo de 12 lados elaborados individualmente, cada uno "lo suficientemente grande como para que quepa dentro un ser humano", dice el artista Eliasson, mientras que el resto de las fachadas y el techo son las variantes de dos dimensiones fraccionadas de este sistema geométrico de 12 lados, dando como resultado fachadas planas de cinco caras y armaduras poligonales de seis caras.

Para trabajar la fabricación y montaje de los cuasi-ladrillos se trabajó con modelos 3D de diversas técnicas de visualización digitales, así como maquetas y modelos. La vitalidad del vidrio se contrapone a los monolíticos volúmenes interiores de las cuatro salas, cuyas paredes perimetrales son de hormigón negro pigmentado.

Las fachadas han sido realizadas en acero y vidrio con un sistema modular geométrico de doce caras relleno con un sistema “cuasi-brick”, que hace parecer al edificio un juego caleidoscópico de colores.

Hay 10 tipos diferentes de vidrio utilizados en las cuatro fachadas del edificio coloreados de color amarillo, verde y naranja, que a su vez reflejan los colores azul, rojo y morado. Se utilizó vidrio transparente, vidrio antirreflectante, y cinco tipos diferentes de vidrio reflectante, cada uno elegido por su tono de color diferente o grado de reflectividad. La silicona fue el material escogido para la unión secundaria de las unidades de vidrios aislantes, por sus excelentes resultados tecnológicos, tanto en durabilidad y mantenimiento, principalmente bajo las exposiciones a los rayos UV o a condiciones climáticas extremas.

Los “quasi bricks”³⁸ de las fachadas sur contienen luces LED en diferentes colores que hacen que Harpa resplandezca aún después de haberse puesto el sol. El brillo y el color de cada módulo se pueden controlar y ajustar según sea necesario.

Hay más de 700 hileras de LED integradas en la fachada del edificio, cada una de aproximadamente 1,5 metros de largo. Cada aparato se incorpora en una extrusión de aluminio delgado, diseñado específicamente para que coincida con la geometría específica de su cuasi-ladrillo y montado en el perfil vertical posterior de la estructura de acero. Esta ubicación evita abrumar a la gente en el interior del hall de entrada con un exceso de luz, al tiempo que ofrece la mejor distribución de la luz indirecta y difusa. Los accesorios de óptica se componen de una serie de filtros, difusores y lentes, y se han desarrollado para el proyecto.

Dependiendo del clima y la hora del día, el juego de reflejos y la transparencia de las fachadas hacen explícita la influencia de la luz natural en la percepción del edificio por parte de los arquitectos.

³⁸ Quasi bricks: Cuasi ladrillos cerámicos apilados. Formado por poliedros de doce lados cubiertos de vidrio, su combinación de formas regulares e irregulares forma una impresión de caos controlado.

6.5.2 EN CONTACTO CON EL AGUA

Ya estamos acostumbrados a ver el vidrio en la construcción de acuarios o piscinas. Se utiliza vidrio porque es el material que mejor responde en contacto con el agua. Transparente impermeable y resistente de alta durabilidad y resistencia a productos químicos. El vidrio más utilizado en este tipo de obras es el vidrio flotado laminado.

A continuación se detallan unos ejemplos en los que se aprovechan estas propiedades del vidrio para construcciones a las que no estamos acostumbrados:

Puente Mur Island

- Proyecto de: Acconci Studio, Vito Acconci
- Año de construcción: 2003
- Ubicación: Graz, Austria



Ilustración 107. Puente Mur Island

Fuente: http://es.wikiarquitectura.com/index.php/Puente_Isla_Mur (Recuperado 11 Mayo 2015)

Descrito por los arquitectos como un giro en el río, una circulación de camino en el medio del río.

Se trata de un puente peatonal que funciona como plaza en medio de un río en el que además hay unas gradas transparentes que funcionan como un teatro. La bóveda da

lugar a un espacio que funciona como cafetería restaurante. Se entra desde arriba, a una terraza, o desde abajo, al restaurante .

La isla se compone de varios elementos estructurales interconectados y la creación de una malla de acero y vidrio. La malla esta formada por triangulos rectangulos y un conjunto de vidrios planos laminados. La estructura se basa en una plataforma que se apoya en dos pilares del puente que no están a la vista. Con el uso de materiales transparentes es poner de relieve la falta de límites entre los visitantes y el agua y crear la sensación de estar sentado en una burbuja de aire listo para salir.

Diferentes mirillas ofrecen la oportunidad de ver la ciudad de una nueva manera y desde diferentes perspectivas. El paisaje montañoso alrededor de Graz queda reflejado en la malla de acero y vidrio. Durante la noche la isla se ilumina con luces azules proporcionándole de un aspecto diferente que nos recuerda que estamos en un río

Restaurante submarino del oceanográfico

- Proyecto de: Félix Candela
- Año de construcción: 2002
- Ubicación: Valencia, España



Ilustración 108. Restaurante oceanografic

Fuente: http://www.cac.es/actosyeventos/contenido/edificios/oceanografic/restaurante-submarino.jsp?lang=va_ES (Recuperado 18 Junio 2015)

Está dividido en dos plantas la superior está dispuesta a modo de isla rodeada por el lago central del parque.

Y en la planta inferior se encuentra el restaurante acuario que está circundado por un sensacional acuario habitado por bancos de peces plateados, que permite a sus invitados encontrar una armonía entre naturaleza y gastronomía.

6.5.3 OTROS.

Bio Intelligent Quotient

- Proyecto de: Martin Kerner
- Año de construcción: 2002
- Ubicación: Hamburgo, Alemania



Ilustración 109. Edificio Bio Intelligent Quotient

Fuente: <http://phys.org/news/2013-04-algae-powered-hamburg.html> (Recuperado 11 Mayo 2015)

Este edificio funciona gracias a la energía de las algas. En esta fachada verde esta hecha con paneles de vidrio y rellenos de un líquido verde en el que hay burbujas de gas que se elevan a la superficie y que son microalgas bioreactivas.

El gorgoteo incesante que producen está vinculado a la presencia de un bioreactor integrado en la fachada, que suministra calefacción a los quince apartamentos del edificio. Donde la fuente de alimentación son las microalgas y su principio, la fotosíntesis. Además como las algas crecen sobre todo en verano, consiguen crear sombra para la

construcción, ayudandola a mantenerse fresca tambien posee cualidades que las hacen funcionar como un amortiguador de sonido.

Cuando la cantidad de crecimiento de las algas en los tanques llega a un cierto punto, se cosecha y lleva a un centro de procesamiento en el interior del edificio. Allí, la biomasa se convierte en biogás que puede ser quemado para proporcionar calor en el invierno. De este modo, el edificio hace uso tanto de la energía solar como de la energía geotérmica que le permite ser calentado y enfriado sin usar combustibles fósiles.

este proyecto fue dirigido por Martin Kerner quien alega:

“El calor se genera aquí en esta fachada mediante los biorreactores, la energía se envía después a la central. El calor almacenado se redistribuye en el sistema de calefacción para calentar el edificio y el agua.”

Los diseñadores del proyecto además recuperan las algas inservibles para la fabricación de un complemento dietético rico en minerales. Este sistema une tecnología y naturaleza brindando energías renovables.

El edificio es el primero que se puede considerar verde en los dos sentidos de la palabra: es ecológico y su aspecto externo tiene ese color gracias a las algas que lo cubren y que generan la energía que necesita para funcionar.

Esto todo solo es posible gracias al empleo del vidrio que el encargado de permitir el paso de la luz a través de los paneles. Cada uno de estos paneles, 129 en total, tiene un tamaño de 2,5 x 0,7 metros y se pueden mover para situarse frente al Sol y así ser más eficientes a la hora de generar energía. Las algas se desarrollan y, no sólo producen energía, sino que también sirven como aislamiento. Es la casa BIQ (Bio Intelligent Quotient), pionera en el mundo.

Vidrios inteligentes

Otra de las novedades aun en desarrollo por algunas empresas pioneras como peer+ que lleva desde 2008 investigando este campo es una novedosa técnica que permite controlar el flujo solar que atraviesa el vidrio. Según expertos en cuestión de segundos y mediante un interruptor se puede hacer que un vidrio transparente se convierta en translucido u opaco.



Ilustración 110. Vidrios inteligentes

Fuente: <http://www.interempresas.net/DreamGlass.html> (Recuperado 13 Mayo 2015)

Esto se logra mediante unas reacciones físico químicas en la masa del vidrio, como la que vemos en la imagen 110, donde se ve la reacción de unas partículas en el interior del vidrio reaccionando al interruptor. La última que está desarrollando por el CSIC, consejo superior de investigaciones científicas y ahora en 2015 se diferencia de otras técnicas esta no necesita que el vidrio sea conductor o utilizar un cristal líquido. Se basa en una técnica que emplea delgadas películas de un material altamente poroso como recubrimiento. Con esto se logra un modelo de ventanas inteligentes asequibles a la mayoría de usuario ya que su producción es más sencilla y barata.

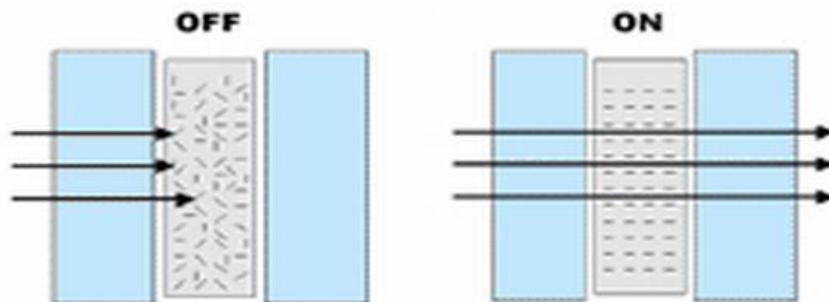


Ilustración 110A. Vidrios inteligentes

Fuente: <http://energiu.es/vidrios-%C2%ABinteligentes%C2%BB-para-ahorrar-energia/> (Recuperado 13 Mayo 2015)

7. PANORAMA DE LAS ENVOLVENTES DE VIDRIO EN GALICIA

En este capítulo se enumeran algunos ejemplos de edificaciones con envolventes de vidrio en Galicia. Comenzamos abriendo paso con una construcción histórica como son las galerías en este caso las de la Marina de A Coruña ya que son claro ejemplo de cómo nacieron las envolventes de vidrio en Galicia. A continuación enumeramos algunas de las obras más premiadas o innovadoras con envolventes de vidrio en el ámbito gallego siempre haciendo una enumeración cronológica de manera que se pueda apreciar la incorporación y evolución del vidrio en la comunidad gallega.

Podemos pensar que el vidrio está totalmente incorporado al campo de la construcción pero la realidad muestra que en comunidades como esta aún queda mucho que recorrer. En Galicia trabajar con el vidrio fue y es una heredada tradición que se remonta a tiempos pasados, cuando el oficio de vidriero constituía uno de los principales gremios profesionales. Actualmente se sigue la tradición en talleres artesanos que trabajan el vidrio y el cristal de igual manera pero reducido al campo de la bisutería o envasado. En el campo de la construcción son muy pocos los que se atreven a dar un cambio a la arquitectura tradicional e incorporar el vidrio más allá que para cerrar un hueco. Los ejemplos que vamos a detallar muestran intenciones de cambio y de querer incorporar el vidrio a nuestra cultura. Los ejemplos van a ser:

1. Galerías de la marina de Coruña
2. Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia. Delegación de Vigo
3. Muncyt
4. Sede de la fundación Caixa Galicia
5. Ayuntamiento de Lalín
6. Centro de Salud de Muros
7. Casa en Perbes
8. Sede de la SGAE
9. Ciudad de la Cultura

También vamos se comentan algunas obras gallegas en las que se utilizaron envolventes de vidrio de una manera diferente ya sea para impedir el exceso de luz en el interior de una edificación o para trasladar la luz natural a una planta sótano. Se destaca también un caso interesante donde el vidrio se encuentra protegido por una envolvente exterior que le sirve de elemento complementario. Se citaran los ejemplos siguientes:

- Lerd
- Oficinas del Ministerio de Fomento
- Oficina de turismo de Arteixo

7.1 GALERÍAS DE LA MARINA DE A CORUÑA



Ilustración 111. Galería de la marina
Fuente: propia

Descripción:

En Galicia los principios del vidrio se empezaron a manifestar a través de galerías. Son muchas las teorías de cómo se originaron, sin embargo la más razonable es la de Joaquín Fernández Madrid en su libro “La galería en Galicia” quien argumenta su origen en la necesidad de cubrir los balcones ante las inclemencias del tiempo y por su fuerte relación con la construcción naval.

Coruña como siempre ha sido una ciudad costera, lleva siglos recibiendo la visita de navíos de diferentes países y épocas. Muchos de los navíos que llegaban eran de gran importancia. Estos se cubrían de las inclemencias en el mar con unas enormes galerías en su popa que más a delante serían llevadas a pueblos costeros como este. Un ejemplo de esto se muestra en la imagen 112 en la que se ve la gran galería de popa del navío Santísima Trinidad.

En a Coruña debido a las condiciones climáticas de la zona y su precio razonable de adquisición el vidrio se convirtió en una de las opciones más comunes para la construcción de éstas.



Ilustración 112. Maqueta del navío Santísima Trinidad
Fuente: Museo Naval de Madrid <http://hispanismo.org/>
(Recuperado 11 Mayo 2015)

Aunque no se puede establecer una relación directa entre mayor pluviosidad y mayor densidad de galerías, si se puede decir que existe una cierta relación ya que el número de galerías crece notablemente hacia la costa.

En A Coruña las primeras manifestaciones de galerías datan de 1700. Nacimiento favorecido por la concesión de Carlos III a Coruña de “correos marítimos” con América, lo que conllevó un crecimiento importante de población de negociantes y casas navieras.

La galería acristalada nace así en la provincia de A Coruña pero con pareceres contrapuestos. Algunos habitantes protestaban por lo que consideraban una intolerable intromisión en la calzada pública, un estorbo, un objeto de ornamento que afeaba la ciudad. Sin embargo su funcionalidad se fue abriendo paso y en 1834 se llegó a abrir una fábrica de vidrios “La Coruñesa” que comenzó fabricando vidrio plano y que tanta repercusión tendría en la extensión de la galería.

En 1845 el historiador Vedia al describir la ciudad de la Coruña y hablar de su industria, pone en relación dicha fábrica de vidrio con la abundancia de galerías:

“...habiendo logrado dar al vidrio la pureza y transparencia del cristal,...ayuda no poco a su salida la construcción de casas adoptada generalmente en La Coruña, pues tienen casi todas en los segundos y terceros pisos grandes galerías cubiertas de cristales que ocupan todo el frente...”³⁹

³⁹ ENRIQUE DE VEDIA Y GOOSSENS. 1845. Historia y descripción de la ciudad de la Coruña. Publicación de Domingo Puga, D. en A Coruña.

Finalmente dará un fuerte impulso a la consolidación de la galería el por entonces arquitecto municipal Juan de Ciorraga. Este fija las alturas de los diferentes pisos en relación a todos los edificios que formaban los cuatro frentes de la actual plaza de Lugo.

Entre los conjuntos de galerías de la ciudad cabe destacar el formado por las fachadas posteriores de lo que ahora conocemos como Avenida de la Marina. Se da la circunstancia de que, para su ejecución tuvo la corporación municipal que hacer mención expresa de la excepcionalidad concurrente en dichas licencias para dejar en suspenso la prohibición de ejecutar galerías en los primeros pisos, según el art. 73 de las ordenanzas de 1854. Las primeras aparecieron en el barrio de la Pescadería y estaban condicionadas por la actividad pesquera, ya que los soportales, que miraban para el mar, eran la parte posterior de las viviendas y todas tienen su entrada por la calle Riego de Agua o por la plaza de María Pita. Los soportales se utilizaban para guardar los botes y realizar diversas faenas relacionadas con las redes, la saladura y la venta del pescado ya que de aquella el mar llegaba a ellas.



Ilustración 113. Galería de la marina
Fuente: propia

Las primeras galerías fueron diseñadas por maestros de obras (ahora arquitectos técnicos e ingenieros de edificación), cabe destacar la labor de Gabriel Vitini Alonso, autor de alguna de las construcciones domésticas con diseño más afortunado de la ciudad, que iniciaron la serie de características galerías acristaladas hacia la Marina (también es autor del "Obelisco").

Actualmente las galerías de La Coruña se caracterizan por sus balcones cerrados con carpintería de madera pintada de blanco y con una gran superficie de vidrio que funcionan como miradores. De todas las galerías construidas solo algunas fueron orientadas correctamente hacia el sol, con lo que accidentalmente se descubrieron los beneficiosos efectos térmicos que esta doble piel proporciona al edificio. Nuestros antepasados habían transmitido casi sin saberlo el conocido "efecto invernadero", lo que ahora es conocido como arquitectura solar pasiva. En este sistema constructivo la galería actúa como captador solar de baja frecuencia y el grueso muro interior de piedra de almacenamiento. Durante la noche impide que el muro se enfríe rápidamente y este va cediendo calor a las estancias interiores.



Ilustración 114. Esquema del funcionamiento de las galerías
Fuente: <https://goo.gl/ysc7JJ> (Recuperado 11 Mayo 2015)

El esplendor de las galerías continúa hasta nuestros días. En ellas se pueden encontrar tendencias historicistas, racionalistas, vanguardistas, neoclásicas y, fundamentalmente, modernistas. Demostrando así que las galerías se han ido adaptando al paso del tiempo.

Desde el siglo XIX hasta nuestros días, varios han sido los factores que han condicionado su evolución dejando de lado los condicionantes estéticos o estilísticos que coexisten con los verdaderos factores condicionantes. Los cuales podemos resumir en tres hechos históricos:

1. La supresión de los muros de carga

2. Los cambios en las normativas de habitabilidad
3. Y la aparición de nuevos materiales

El primer punto, el de supresión de los muros de carga se debe a la aparición del hormigón armado, que supuso una auténtica revolución estructural. Ahora las fachadas se libraron de la función portante que fue sustituida por un simple esqueleto de vigas y pilares quedando el cerramiento reducido a una única función.

Los cambios de la normativa en la ciudad también han ido modificando las galerías ya sea en su altura o dimensión o incluso tamaño máximo del vidrio a colocar ha ido modificando su aspecto.

Y la aparición de nuevos materiales hizo que los marcos de madera fueran sustituidos por metal en muchas de las galerías existentes o incluso el tipo de vidrio empleado.

7.2 COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE GALICIA. DELEGACIÓN DE VIGO



Ilustración 124. Colegio de arquitectos de Galicia. Delegación de Vigo

Fuente: http://www2.technal.es/e-scena/e-scena5/colegio_vigo.html (Recuperado 19 Mayo 2015)

Situación: Rúa Doctor Cadaval, Vigo, Pontevedra

Proyecto de:

Los arquitectos Jesús Irisarri y Guadalupe Piñera han proyectado un edificio de condiciones cambiantes, adaptable al entorno, al uso y a los tiempos con la finalidad de dejar una huella mutable en la ciudad. Resultaron vencedores del concurso de ideas convocado en el año 2005.

Descripción:

El edificio se ubica en el solar dejado por la antigua casa del periódico "El Pueblo Gallego". El proyecto se planteaba como un prisma facetado irregularmente, una pieza tallada, caracterizado por su doble piel de policarbonato y vidrio.

Uno de los principales retos era el de generar una edificación sostenible, cumpliendo con el verdadero significado de la palabra y sin intención de desgastarla, creando un entorno de uso 100 % flexible. Así, entre las dos capas que componen la fachada surge un sistema de circulaciones autónomo que se desarrolla de forma independiente o de anexión, según las necesidades de quienes lo habitan.

La condición translúcida del policarbonato junto la transparente del vidrio permiten el paso ambivalente de la luz, la natural del exterior al interior durante el día y la artificial del interior al exterior durante la noche. De día, la luz que penetra a través del cerramiento queda reforzada por el color blanco dado a los espacios y a la máxima transparencia lograda en la mayoría de los elementos interiores, como por ejemplo la escalera principal. De noche, el edificio ilumina parte del espacio público que lo rodea, convirtiéndolo en una clara referencia urbana para su entorno más inmediato.

La envolvente de este edificio esta formada por una doble piel, la mas exterior de policarbonato y la interior de vidrio. La doble piel con cámara de aire interior permite disfrutar de las ventajas térmicas que introduce el policarbonato, por acción del efecto invernadero. En la imagen 125 se muestra una imagen del interior de la doble piel.

La creación de esta doble piel de fachada ha permitido que convivan los planteamientos funcionales del paso de personas y, además, el funcionamiento térmico basado en una envolvente translúcida o transparente. En esta zona se genera la energía en invierno y la diferencia de temperaturas hace que, en verano, las corrientes de aire ventilen el edificio de modo autónomo.



Ilustración 125. Sección interior de la fachada del colegio arquitectos Vigo
Fuente: http://www2.technal.es/e-scena/e-scena5/colegio_vigo.html
(Recuperado 19 Mayo 2015)

Los cerramientos del edificio quedan agrupados en tres tipologías de fachada. La sur consta de dos capas a modo de colchón térmico. Donde la capa exterior se ha resuelto con un sistema de policarbonato en las zonas de captación solar y con cerramientos fijos de la serie FXi de Technal en las zonas que recogen las visuales. El muro cortina MX contratapa continua recorre y perfila toda esta fachada hasta llegar a doblarse en la cubierta del edificio. Las fachadas norte, este, oeste y la cubierta son transventiladas y sus cámaras tienen conexión continua con el colchón térmico orientado a sur. En todas ellas también se han colocado ventanas de la serie FXi, en este caso oscilobatientes y motorizadas en la cubierta.

La transparencia del edificio ha ayudado a reactivar la actividad pública en la renovada plaza del Pueblo Gallego, antesala y anexo al aire libre del Colegio de Arquitectos.

En el interior, el programa de usos colegiales convive con espacios destinados a oficinas en alquiler.



Ilustración 126. Vista interior del colegio de arquitectos de Vigo

Fuente: <http://www.ondiseno.com/proyecto.php?id=1879> (Recuperado 19 Mayo 2015)

Consta de tres plantas bajas-entrada que permiten generar un espacio de accesibilidad natural desde las diferentes cotas de las calles que dan embocadura a la plaza.

El funcionamiento térmico, basado en la idea de la creación de un “sobre microclimático” que alberga los bloques de programa internos, proporciona en el paisaje protegido que se conforma entre estas dos pieles, un espacio semipúblico con condiciones climáticas excepcionales, donde se puede pasar más tiempo “fuera” al ofrecerse un exterior al interior.

La unión del planteamiento de sostenibilidad energético-climático con el funcional mediante circulación primaria e independiente tanto de personas como de flujo de aire, a través del espacio variable entre las dos capas del cerramiento del edificio permite fraccionar el edificio interiormente, y abrir el mismo a una cámara que matiza la relación de los espacios interiores con el exterior.

Ya desde el proyecto existe la intención de activar el uso de la plaza. Parte del fracaso contemporáneo del espacio público viene de la pérdida del uso del mismo, o de otro modo de su resolución de acuerdo a usos hoy inexistentes. En el proyecto, desde el "Sitio para colocarse" mencionado en la memoria del concurso, se diseña un edificio con tres plantas bajas y accesos, de modo que permitan generar un espacio de accesibilidad natural desde la cota de las calles que dan entrada a la plaza hacia el edificio y a la vez que induzcan a la actividad propia del edificio a colonizar y expandir su presencia por este espacio público.

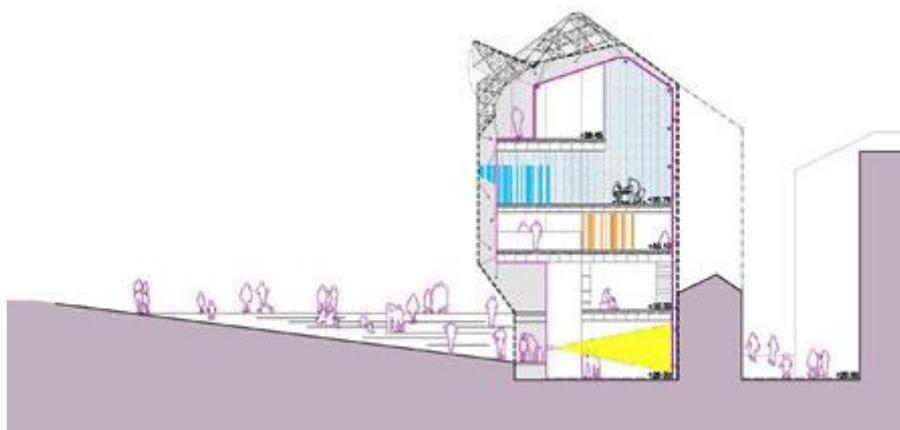


Ilustración 127. Sección completa del colegio de arquitectos de Vigo

Fuente: http://www2.technal.es/e-scena/e-scena5/colegio_vigo.html (Recuperado 19 Mayo 2015)

Gracias a los materiales escogidos, el edificio permite el paso de la luz natural del exterior al interior durante el día, y la luz artificial del interior al exterior durante la noche. De día, la luz natural que penetra en el edificio queda reforzada por el color blanco dado a los espacios y la transparencia de los elementos interiores. De noche el edificio ilumina al espacio que lo rodea.

La idea inicial de los arquitectos era la de unificar edificio y entorno y crear un conjunto único. Utilizaron unas finas estructuras como soporte para la iluminación, que además soportan glicinias, y salvaron el desnivel de la calle con un pavimento que se adapta a los distintos niveles.

Precisamente, el material escogido para el pavimento ha sido bastante criticado por vecinos y comerciantes de la zona. Se utilizaron piedras del muro del antiguo edificio del Pueblo Gallego para salpicar el suelo y el resultado ha sido decepcionante para los vecinos y comerciantes, quejándose de que la solución es de "ínfima calidad".

7.3 MUSEO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. MUNCYT



Ilustración 115. Muncyt
Fuente: propia

Situación: Plaza del Museo Nacional, A Coruña. En el edificio llamado Prisma de Cristal.

Proyecto de: Victoria Acebo y Ángel Alonso, galardonados con el Premio Nacional de Arquitectura Joven de la 9ª Bienal de Arquitectura Española.

Descripción:

Este edificio se proyectó para ser un centro de Arte y danza (2001-2006) pero actualmente se usa como museo nacional de ciencia y tecnología. (2011-actualidad)

Un conservatorio de danza debía convivir con un museo y para ello los arquitectos idearon una estructura arbórea de cajones de hormigón en la que esas estancias, como ramas, brotaban de un tronco que solucionaba la comunicación vertical. Se trataba de conseguir habitaciones estancas para evitar problemas acústicos en las salas de baile. Cubrieron esos cajones con una fachada: un cubo formado por un engranaje metálico que sujeta losas de vidrio impreso laminadas manualmente con resinas.

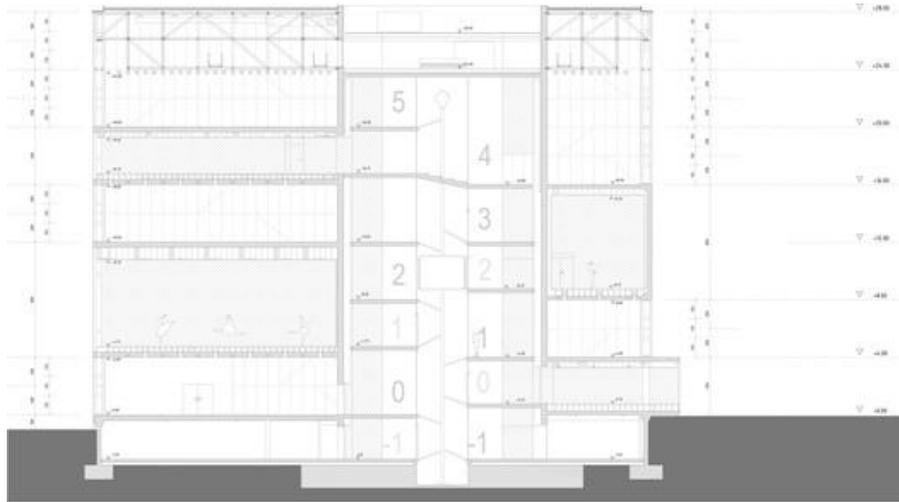


Ilustración 116. Sección Muncyt

Fuente: www.plataformaarquitectura.cl (Recuperado 18 Junio 2015)

Desde los exteriores del Prisma se puede observar cómo una caja de cristal cobija lo que en su interior se mostrará como dos edificios en uno.

Entre esas ramas y el envoltorio de vidrio quedaron definidas las salas de exposiciones, de diferentes tamaños y alturas, como se aprecia en la sección de la imagen 116. Y todas ellas llenas de una luminosidad difusa proporcionada por su envolvente.

En el interior, cada cajón de hormigón encierra una parte específica del programa. Sobre esos volúmenes, el museo, estructurado en seis alturas diferentes, ofrece salas desnudas, expuestas, versátiles en un espacio ambiguo que es interior pero se siente como exterior. La cubierta interior, salpicada de rodillos acústicos coloreados, es la planta técnica. Desde allí se puede adaptar las salas. Un polipasto recorre su cara inferior desplazando las piezas o los montajes a cada una de las salas.

El cerramiento está formado por una doble piel de vidrio impreso sobre subestructura de acero y aluminio. Así, el edificio-árbol y el edificio hecho de vacíos conviven dentro de un cubo translúcido casi varado en el Atlántico.

A pesar de estar terminado y ser un edificio excelente nadie lo inauguró cuentan los arquitectos que el edificio se terminó en 2006. Pero nadie parecía estar interesado en darle un uso hasta que por fin. “El Gobierno central prometió trasladar la sede del Museo de Ciencia y Tecnología, MUNCYT. Ese acuerdo supuso la adaptación del edificio a su nueva función”. Desapareció el concepto de uso dual, pero no se modificó el inmueble.

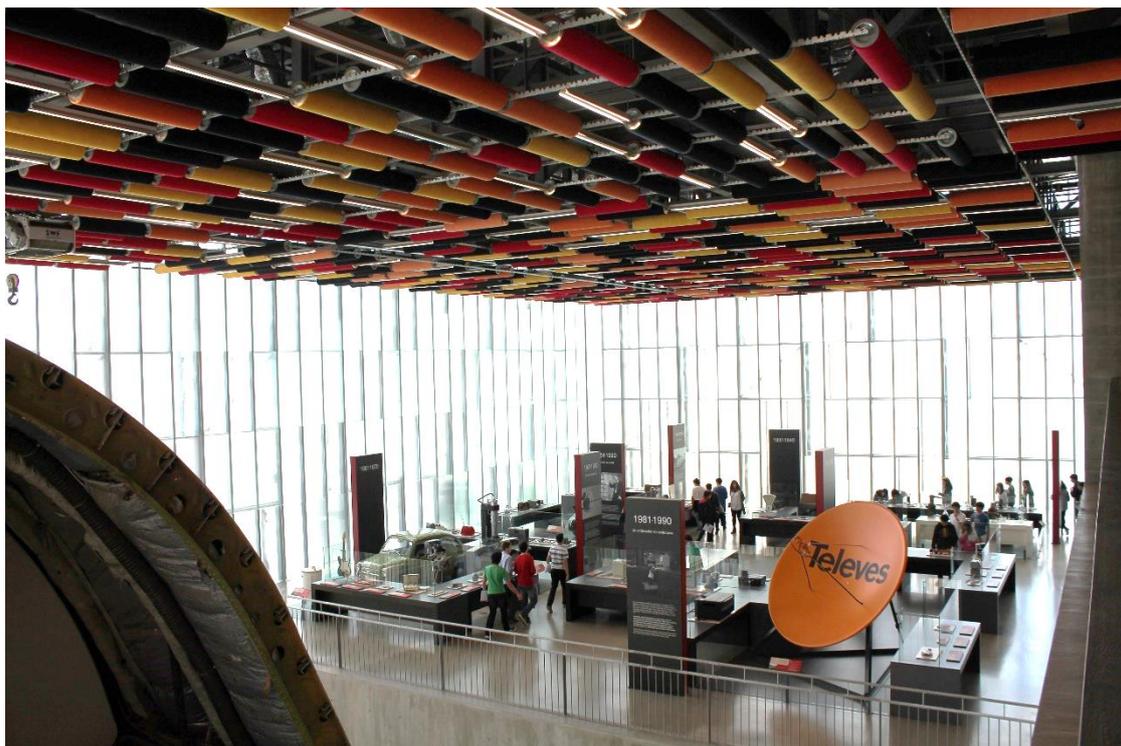


Ilustración 117. Interior del Muncyt
Fuente: propia

El edificio se adaptó rápidamente y sin problemas al nuevo uso. La antigua escuela de danza se convirtió en la zona de servicios del museo: salas de conferencias, cafetería, talleres para niños, biblioteca, y oficinas. El museo siguió siendo museo. Los espacios exteriores han tenido que adaptarse. La entrada de autocares de visitantes está ya en lo que debía haber sido una plaza pública. También hay una nueva entrada subterránea al aparcamiento-almacén, en el sótano. El espacio exterior se ha endurecido y los arquitectos han tratado de dulcificarlo con una topografía sensual que intenta ocultar el acceso al aparcamiento.

El edificio es magnífico. Rotundo y delicado, ofrece experiencias espaciales y sensoriales difíciles de encontrar en la arquitectura actual. Es un edificio que ha sabido adaptar un cambio absoluto de programa sin tener que alterar el inmueble. Esa radicalidad útil, evoca una arquitectura de futuro.⁴⁰

Para su construcción en 2003 fueron necesarias grandes demandas tecnológicas, y fue ejecutado con tal calidad que se puede comparar con las obras de la Europa Central. Fue donde por primera vez en España, se usó un hormigón autocompactante, que no estaba previsto en las normas de construcción de España, por lo que podemos considerar que

⁴⁰ ZABALBEASCOA, ANATXU. 2011. <http://blogs.elpais.com/del-tirador-a-la-ciudad/2011/04/muncyt-en-a-coru%C3%B1a-la-historia-accidentada-de-un-gran-edificio.html>. [En línea] 13 de Abril de 2011. [Consulta: 20 de Mayo de 2015.]

se trataba de una estructura experimental. También se desarrolló un vidrio solar laminado frontal estructural. El proyecto se completó con un 95% de fidelidad al proyecto original sin imprevistos en el presupuesto (9.000.000 euros). En 2006 cuando el edificio ya estaba completo fue exhibido en el MOMA de Nueva York, y recibió premios en la categoría de Jóvenes Arquitectos en la IX Bienal de Arquitectura de España.



Ilustración 118. Exterior del Muncyt
Fuente: propia

Pero los cambios políticos afectaron su destino, y la falta de definición sobre la ocupación del edificio lo mantuvo cerrado durante 1.000 días. A medida que pasaba el tiempo el sentimiento de vergüenza se hizo más grande. Era necesario encontrar una solución. Y la solución llegó desde el Ministerio de Ciencia e Innovación, que necesitaba una sede para el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología.

A partir de entonces, comenzamos a referirse al conjunto construido como MUNCYT. El proyecto de adaptación al nuevo programa y las circunstancias llevaron a la clausura del acceso original, que nos lleva a crear una entrada en el lado opuesto a través de una abertura grande (4m x 8m) en un muro de hormigón. Era necesario transformar la Escuela de Danza en un soporte de la construcción para el nuevo museo, así como crear una conexión con el otro edificio. En ese momento, todos los esfuerzos se centraron en tratar de mantener la coherencia en la cara de las decisiones adoptadas por los nuevos gestores del espacio. Cada pequeño cambio causó un número de otro, el efecto dominó,

que lleva a volver a estudiar los sistemas de evacuación, así como en la percepción de la construcción en la ciudad. El edificio de oficinas de los cambios en las áreas circundantes diseñado, pero la culminación de la crisis impidió la ejecución de los jardines y el mobiliario urbano.

El edificio pudo finalmente salir de la pesadilla y pequeñas empresas y servicios como cafeterías y restaurantes comenzaron a aparecer alrededor de él, atraídos por la expectativa de inauguración eterna del museo y alentado por unidades Ministerio. Comenzaron a llegar algunos visitantes extraños, como la cabina de un Boeing 747 de Iberia, llamado "Lope de Vega", el mismo avión que trajo de vuelta en 1981 a Guernica, Picasso, después de 44 años de exilio en Nueva MOMA York. Con el fin de abrir el camino para poner el "juego" en el interior del edificio, así como permitir el acceso de 20 toneladas de la grúa que se tardó en llevar este enorme objeto era necesario dismantelar unos 25 m2 fachada, y algunos pilares que debían ser cortar. Hecho inusual de que un edificio que no está diseñado para ese fin tenía la capacidad para albergar una pieza con tales dimensiones. Todo parecía ir bien, cuando el Plan E apareció (Plan Español para estimular la economía y la creación de empleo, en 2009), que prevé la promoción de pequeños proyectos, ejecución rápida: 7 oficinas fueron contratados para 7 proyectos museología, a un espacio diseñado como única y total.



Ilustración 119. Interior del Muncyt
Fuente: propia

7.4 SEDE DE LA FUNDACIÓN CAIXA GALICIA



Ilustración 128. Izq. Fachada principal de la sede de la fundación Caixa Galicia.
Dcha. Fachada trasera de la sede de la fundación Caixa Galicia.
Fuente: propia

Situación: Cantón Grande, A Coruña

Proyecto de: Nicholas Grimshaw Architects

Descripción:

Año construcción: 1996-2006

La sede de la Fundación Caixa Galicia en A Coruña destaca por la reinención del clásico edificio coruñés de grandes ventanales blancos. El edificio supone, pues, una apuesta renovada por la arquitectura popular coruñesa, pero adaptada a los nuevos tiempos y con el empleo de nuevos materiales. En su diseño intervino la necesidad de hacer un edificio abierto a la ciudadanía, cercano y transparente. Que resalta como una brecha en la tradición de los cantones.

El acceso principal da lugar a un vestíbulo, abierto, luminoso y elegante, al que se accede a través de una pequeña pasarela suspendida sobre un patio inglés que ilumina los niveles inferiores. Una vez dentro, el atrio existente hace las veces de calle que conecta

el Cantón Grande (fachada principal) con la calle de la Estrella (fachada trasera), y desde el podemos observar sobre nuestras cabezas la impresionante escalera en espiral que conecta los niveles superiores del edificio. Este atrio-pasillo está totalmente iluminado de forma natural a través de los lucernarios de la cubierta, que iluminan toda la escalera y el espacio.

Los 6 niveles superiores y los 4 inferiores quedan, pues, totalmente iluminados dada la transparencia del edificio. La fachada principal cuenta con un sistema de lamas de vidrio blanco inclinables para regular la luz que accede al vestíbulo y las plantas superiores; las 4 plantas inferiores, a pesar de ser sótanos bajo tierra, también gozan de gran luminosidad gracias al patio inglés abierto en la fachada principal, patio sobre el que se pasamos en la pasarela de acceso al edificio.

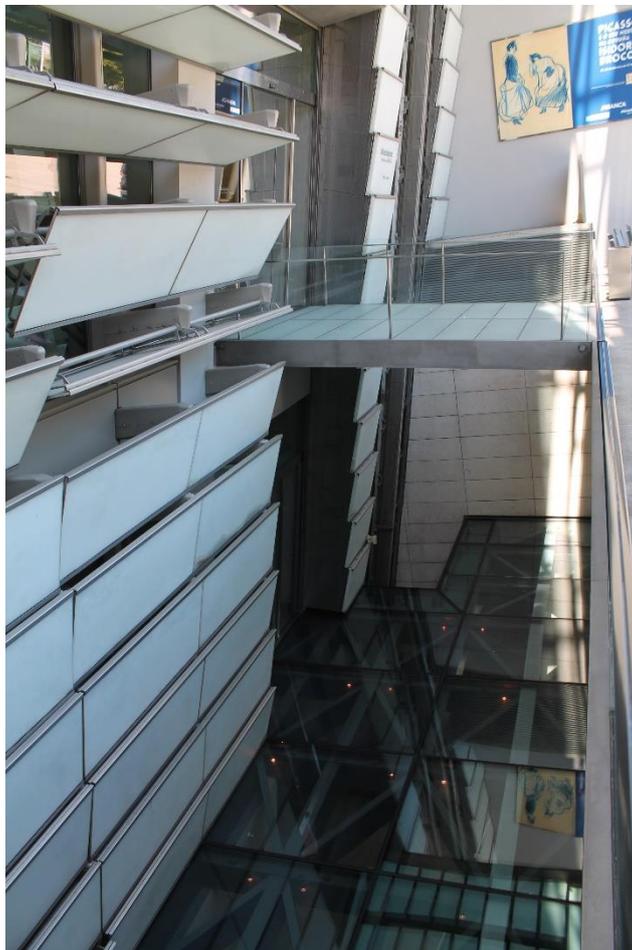


Ilustración 129. Pasarela de vidrio y patio inglés.

Fuente: propia

La circulación vertical del edificio queda solucionada de forma funcional y estética con los dos ascensores, que acentúan su tipología panorámica gracias a la inclinación en 11 grados de la fachada principal del edificio. Además de los ascensores exteriores, otros tantos interiores y la escalera en espiral facilitan la movilidad de los visitantes por los niveles del edificio.

En cuanto a los materiales, son destacables los empleados en el frontal principal del edificio. El diseño de la fachada es la expresión máxima de la combinación de dos materiales que se combinan perfectamente con el vidrio: el pétreo, de gran tradición en la arquitectura gallega y el metálico. Se trata de la combinación de unas láminas de mármol cubiertas de vidrio que van unidas a la fachada por una estructura metálica.

La forma hace que el edificio se asemeje a la cresta de una ola marina adentrándose en los Cantones y rompiendo en una fachada de cristal retroiluminada. Una bella imagen para una ciudad tan marítima y rodeada de mar como A Coruña, con un entorno privilegiado como pocas ciudades en España.



Ilustración 130. Sección de la Sede de la fundación Caixa Galicia

Fuente: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=196213> (Recuperado 13 Mayo 2015)

El banco decidió que también quería un auditorio de 300 asientos, y el único lugar lo suficientemente grande para ello estaba bajo tierra. El hoyo que cavaron para encajar todo esto en el tiempo llegó a ser de más de 9 m de profundidad. El resultado final es una torre inclinada que sube de las profundidades de la tierra a fin de obtener la luz del día hasta los niveles más bajos. Mientras tanto con el fin de restablecer la línea de fachada de la calle y diferir del concepto de galería se elaboró una pantalla de cristal holográfico que se suspende verticalmente sobre un bastidor de acero sobre la fachada. Se trata de una pantalla de retroproyección, con una serie de 25 proyectores apostados detrás de la fachada. Un edificio que puede adaptar su piel como un camaleón.

7.5 AYUNTAMIENTO DE LALÍN



Ilustración 133. Ayuntamiento de Lalín
Fuente: propia

Situación: Lalín, Pontevedra

Proyecto de: Tuñón y Mansilla

Descripción:

El nuevo ayuntamiento de Lalín llamado 'castro tecnológico', de los madrileños Tuñón y Mansilla, nace se inaugura por fin en el 2013 recordando la antigua tradición gallega de los castros celtas. Se diseña pensando en las plantas circulares de los castros, figura geométrica se repite a lo largo de todo el proyecto, por medio de tangencias o secantes, según las necesidades del espacio. Otros rasgos de la tipología de castro celta son, por ejemplo, el desarrollo entorno a un espacio público de reunión y la adaptación al terreno. Para ello se crea una plaza central en la que vuelcan los distintos cilindros, el propio ayuntamiento y áreas de apoyo a este.



Ilustración 134. Entrada principal al Ayuntamiento de Lalín
Fuente: propia

Dentro de las propias estancias se incluyen cilindros de hormigón armado que contrastan las pieles exteriores de vidrio. La fachada exterior resalta por estar formada por paneles de vidrio que van desde vidrios opacos y de color verde oscuro a otros traslúcidos de color más claro e incluso transparentes. En la fachada conviven 16 tipos de vidrios. Pero si hablamos de contrastes, se ha de destacar el Salón de Plenos del Ayuntamiento entendido como un claro entre cilindros, un vacío; remarcado por la torre de cinco pisos en la que se encuentra. La sección escalonada, presidida por la torre, responde a la adaptación de los cilindros a las irregularidades del terreno por medio de la altura y el diámetro, configurando una estructura abierta y desjerarquizada.

Las bandas horizontales de la fachada de cristal modular se alternan, dando al Ayuntamiento de Lalín un exterior de color turquesa de rayas.

En la imagen 134 se muestra el acceso al patio interior central que está unido a otros patios como el de la imagen 135. A este último se puede acceder por una vía paralela pero a diferente altura, quedando así el patio protegido.



Ilustración 135. Patio interior del ayuntamiento de Lalín.
Fuente: propia

7.6 CENTRO DE SALUD DE MUROS



Ilustración 131. Centro de salud de Muros

Fuente: <http://www.ondisenio.com/proyecto.php?id=1099> (Recuperado 14 Mayo 2015)

Situación: Muros, A Coruña

Proyecto de: Irisarri Piñera Arquitectos

Descripción:

El proyecto se desarrolló en el 2007 sobre una edificación ya existente, de planta rectangular, constituida por dos casas idénticas adosadas por medianera. En el momento de redactar el proyecto, una de ellas estaba ocupada por el centro de salud y la otra se encontraba en ruinas: quedaba en pie únicamente la fachada de piedra.

El proyecto se basó fundamentalmente en dos criterios de diseño: en primer lugar, se quiso aprovechar la privilegiada situación del edificio (las vistas, la orientación y el soleamiento) poniendo en valor su implantación sobre el zócalo sobreelevado mediante una abertura al paisaje a través del muro cortina. En segundo lugar, se conservaron y se restauraron los muros de piedra de fachada y zócalo, que se integraron en la nueva edificación estableciendo los adecuados contrastes entre los elementos conservados y los nuevos.

El nuevo centro de salud ocupa la superficie total de los dos edificios existentes, unificándolos en un mismo bloque que se amplía hacia el sur. La antigua cubierta a dos aguas se modificó por una plana con el fin de aumentar la superficie útil bajo techo y conseguir, así, dos plantas completas: el piso superior, para uso exclusivo del personal sanitario, y la planta baja, para atención pública. La zona ampliada al sur se convirtió en un espacio a doble altura que acoge los accesos.

La envolvente de madera y cristal conforma un prisma de rigurosa geometría exterior, en el que los materiales empleados en su construcción quedan a la vista y generan tanto patios semiabiertos, invadidos por el jardín, como interiores, para generar una serie de diferentes atmosferas interiores, que se ven acompañadas por otras tantas modificaciones en los cerramientos perimetrales. La construcción como elemento portante de la carpintería de madera le aporta la dimensión necesaria para dar el espesor adecuado a la fachada y conseguir al sur la necesaria protección del sol veraniego. Esto se mejora haciendo evidente el entramado exterior en celosía.



Ilustración 132. Centro de salud de Muros

Fuente: <http://www.ondiseno.com/proyecto.php?id=1099> (Recuperado 14 Mayo 2015)

Partes de la fachada son paredes translúcidas que conectan con el exterior y consiguen evidenciar el espesor del muro, al llevar la estructura portante de madera al interior. En la fachada sur y oeste van ventiladas permanentemente en su capa exterior y cerradas en las otras dos fachadas.

Tres materiales generan diversas atmósferas, sobre el control de las relaciones entre el espacio construido y el medio.

La envolvente está formada por una estructura de madera portante que ofrece múltiples matices y una extraordinaria capacidad de interacción con las condiciones ambientales. Esta envolvente la complementa el vidrio colocado en dos capas en la fachada exterior, formando una fachada ventilada que deja ver la viruta de madera del aislamiento y actúa de muro translúcido con la madera entre los dos cristales.

Así el edificio transita según las condiciones de luz, desde una apariencia de volumen cristalino tallado, a una cierta rememoración de galpón o galería agrícola.

Su ubicación contribuye a mejorar el funcionamiento climático del edificio retrasando el vidrio a haces interiores en las dos fachas más soleadas y dejándolo enrasado con el exterior en la fachada septentrional.

La abundancia de luz natural permite que durante las horas de consulta no sea necesario el uso de luz artificial. Todo ello se complementa con la vegetación que rodea el edificio y los patios.



Ilustración 132A. Centro de salud de Muros

Fuente: <http://www.ondisenio.com/proyecto.php?id=1099> (Recuperado 14 Mayo 2015)

7.7 CASA EN PERBES / VIER ARQUITECTOS



Ilustración 136. Casa en Perbes
Fuente: (Recuperado 22 Mayo 2015)

Situación: Perbes, A Coruña

Proyecto de: Vier Arquitectos

Descripción:

Pocas son las casas en Galicia que nos evocan a la ya mencionada casa Farnsworth de Mies van der Rohe aunque cada vez están más de moda. Esta vivienda se ha concebido, en principio, como un diálogo entre dos volúmenes y el terreno, en el que participan activamente los materiales, los huecos, las transparencias, los espacios interiores y exteriores. Se trata, finalmente, de una composición sencilla, con un volumen (el más alto) que esculpe el terreno como un muro de hormigón y, deslizándose por delante, una caja liviana que se abre al mar, llena de transparencias y reflejos, flotando sobre pilares metálicos.



Ilustración 137. Casa en Perbes
Fuente: (Recuperado22 Mayo 2015)

El paralelepípedo más bajo es el que está de manera intercalada cerrada con vidrio de modo que los quedan dos terrazas a los lados. El conjunto responde a la concepción de un mirador, con lo que se brinda homenaje a la belleza del espacio que circunda la casa. La transparencia permite que desde el interior se tenga plena conciencia del paisaje, pero también actúa a la inversa.

Los materiales elegidos ganan con los años la expresividad de su propio envejecimiento, sin los acabados frágiles y huidizos que resultarían inoportunos, sin duda, en el húmedo clima del litoral gallego.

Las reflexiones alrededor de la idea de "casa para toda la vida" han determinado necesariamente la creación de un espacio flexible, fácilmente adaptable. Pero ese concepto de casa exige, a la vez, la atención a todos los requerimientos de tipo social y cultural que se esperan de una vivienda contemporánea: confort, seguridad, identidad. Por lo tanto esta casa ante todo busca flexibilidad: sus espacios deben de adaptarse sin traumas a necesidades de uso, a posibles cambios radicales o imprevistos; debe de responder a una relación con el exterior inmediato y, también, con el más lejano. Y debe

de desarrollar el vínculo entre sus propios espacios. Una vez más podemos decir que menos es más.⁴¹



Ilustración 138. Casa en Perbes
Fuente: Recuperado 22 Mayo 2015)

⁴¹ VIER ARQUITECTOS, 2013. <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-318817/casa-en-perbes-vier-arquitectos>. [En línea] 13 de Diciembre de 2013. [Consulta: 22 de Mayo de 2015.]

7.8 SEDE DE LA SGAE



Ilustración 139. SGAE. Santiago de Compostela

Fuente: <http://arquitecturaespectacular.blogspot.com.es/2010/06/sede-de-la-sgae.html> (Recuperado 24 Mayo 2015)

Situación: Santiago de Compostela, A Coruña

Proyecto de: Antón García Abril

Descripción:

En 2008 nace la nueva sede para albergar las dependencias de la Sociedad General de Autores y Editores en el Noroeste de España (SGAE), ubicada en Santiago de Compostela.

Esta obra se inspira en las construcciones megalíticas, claro ejemplo de ello es el muro de la fachada principal construida con bloques de piedra apenas elaborados.

Este muro sólido y pesado, realizado en piedra, se enfrenta a otra fachada completamente diferente. En el extremo opuesto se colocará una enorme vidriera contemporánea construida con vidrio impreso y luces de colores con la última tecnología.

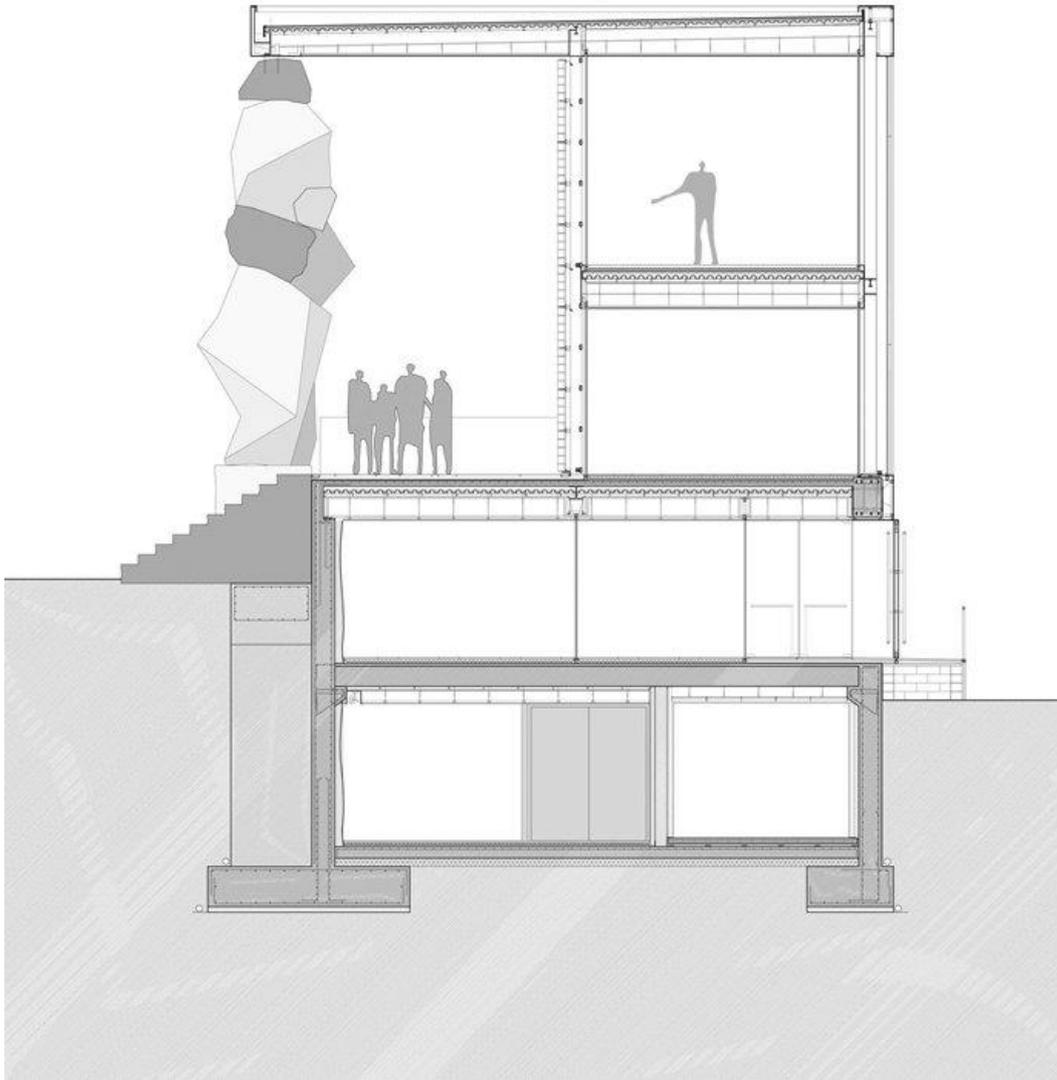


Ilustración 140. Sección SGAE

Fuente: <http://arquitecturaespectacular.blogspot.com.es/2010/06/sede-de-la-sgae.html> (Recuperado 24 Mayo 2015)

Cada una de las piedras que forman la estructura, pesa unas 22 toneladas y mide alrededor de los 2 m de altura por 0'2 m de ancho y 1,60 m de fondo. Se ha buscado ligar la tradición gallega del uso de la piedra desde un lenguaje muy contemporáneo.

De manera que se crea un uso impresionante de masa, utilizando losas de piedra apilada para crear un espacio intermedio con luz filtrada.

Ocupa una superficie de casi 4000 m y consta de cuatro áreas funcionales: uno para la formación, con diversas aulas; otro administrativo, con oficinas; el tercero dedicado a la difusión, con un auditorio con un aforo mínimo de 200 butacas y laboratorio de audio y vídeo digital, donde los autores contarán con un estudio de grabación y un plató multiusos; y el cuarto y último es un espacio dedicado a la exhibición y a la promoción.

El muro sólido y pesado, realizado en piedra, se enfrenta a otra fachada completamente diferente. En el extremo opuesto se colocará una enorme vidriera contemporánea construida con un compuesto de vidrio y luces de colores con la última tecnología.

La pared interior, construida con 500.000 carátulas de CD, es un plano situado en medio de los elementos exteriores curvos, es decir, el muro de piedra y pared de vidrio.

La pared de vidrio translucido ofrece un rostro discreto a la calle, el control de la luz y las vistas de los espacios desde dentro, según su actividad y necesidades. Su composición material y calidad lo hacen aparecer como una ventana de cristal manchada impresionante con diferentes grados de transparencia, una pared hecha de luz y color, en claro contraste con la naturaleza de la pared de piedra del lado contrario.

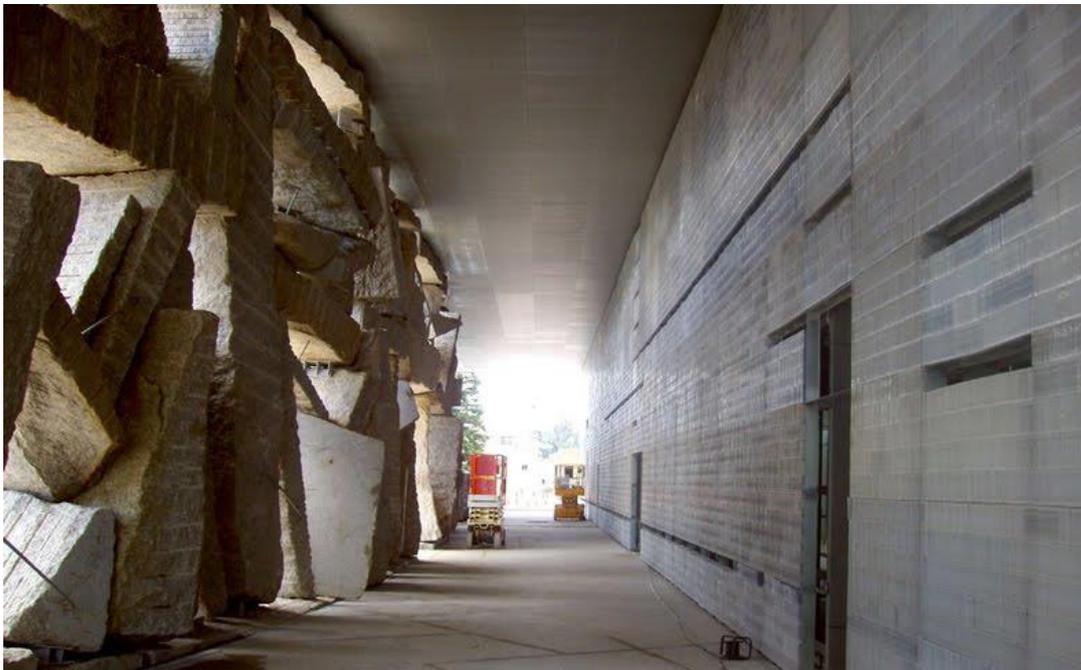


Ilustración 140A. Fachada interior SGAE

Fuente: <http://arquitecturaespectacular.blogspot.com.es/2010/06/sede-de-la-sgae.html> (Recuperado 24 Mayo 2015)

7.9 CIUDAD DE LA CULTURA



Ilustración 120. Ciudad de la cultura
Fuente: <http://www.sientegalicia.com/f> (Recuperado 11 Mayo 2015)

Situación: Monte Gaiás, Santiago de Compostela, A Coruña

Proyecto de: Eisenman Architects

Descripción:

La Ciudad de la Cultura es un nuevo centro cultural para Galicia inaugurado en el 2011. Según los arquitectos, su diseño viene de la superposición de tres grupos de información. Primero, la planta de la calle del centro medieval de Santiago la cual está proyectada sobre un plano topográfico del terreno en pendiente, que mira hacia la ciudad. Segundo, una grilla cartesiana que se proyectó sobre estas rutas medievales. Y tercero, a través de un software de modelación computacional, la topografía de la pendiente que permite distorsionar dos geometrías planas, y convertirlas en el antiguo monte en el que ahora se sitúa la ciudad de la cultura uniendo así lo viejo y lo nuevo en una matriz simultánea nunca antes vista.

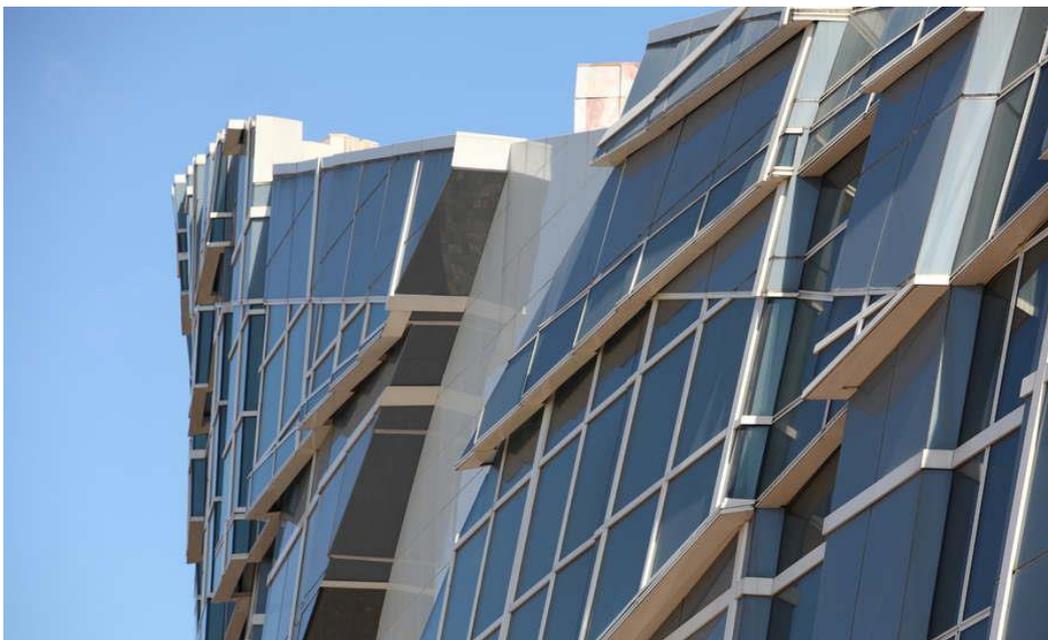


Ilustración 121. Fachada del Centro de Emprendimiento Creativo
Fuente: <http://goo.gl/fRbPXZ> (Recuperado 14 Mayo 2015)

Se trata de una composición de seis edificios concebidos en tres pares: el Museo de Galicia y el Centro de Arte Internacional; el Centro de Música y Artes Escénicas y el edificio ce Centro de Servicios; y la Biblioteca de Galicia y el Archivo Gallego.

Los caminos, o calles peatonales, entre los edificios, también se abren a una plaza pública, la que está bordeada por los seis edificios y tiene elementos de agua y paisaje. El edificio más grande es el Teatro de Artes Escénicas, el que llega a los 42,5 m de altura. La altura de todos los edificios se levanta en curvas sutiles que parece reconstruir la forma de la cima de la colina con sus líneas de techos en conjunto, las que están todas revestidas en piedra y "marcadas" con la grilla que informa el diseño del terreno.

Los primeros edificios en abrir sus puertas fueron la Biblioteca de Galicia y el Archivo Gallego en Enero del 2011, tanto la Biblioteca como el Archivo están revestidos en cuarcita y sostienen muros cortina.



Ilustración 122. Fachada de Museo Centro Gaiás
Fuente: <http://goo.gl/fRbPXZ> (Recuperado 14 Mayo 2015)

La envolvente está formada por varios materiales en los que podemos distinguir dos como los principales. Por un lado el que cubre un plano horizontal, que es la piedra y por otro el que cubre las fachadas verticales que es el vidrio. Las fachadas de vidrio están formadas por unos muros cortina. Algunos de ellos tienen más de treinta metros de altura y exigen una estructura propia que entorpece la composición. Las superficies están divididas por parteluces decorativos de diferentes orientaciones que se corresponden con cierta geometría eisenmaniana. Por todas partes se ven torpes colisiones entre soportes de formas y tamaños diferentes y techos curvos o tabiques inclinados. Es una especie de pesadilla tectónica que se camufla bajo unas suaves curvas. Estamos ante un ejemplo de lo que Le Corbusier llamó la "ilusión de los planes".

Este proyecto ha sido muy criticado en Galicia debido a su crecimiento de libre albedrío en el presupuesto y las constantes modificaciones del arquitecto.

Otra construcción que cabe destacar en el complejo son dos torres Hejduk e incluidas por Eisenman como "honor a un amigo", Fueron diseñadas en 1992 por el arquitecto John Hejduk como torres botánicas para el parque compostelano de Belvís, pero no se llegaron a realizar. Su autor las diseñó pensando en un invernadero y su almacén de ahí que una sea de vidrio y la otra de metal. Tras la muerte de Hejduk, Peter Eisenman decidió recuperar el proyecto de su amigo y compañero de New York. Son un elemento extraño, una pieza singular, que destaca en este enorme proyecto.



Ilustración 123. Torres Hejduk
Fuente: propia

7.10 LERD DE LA UDC



Ilustración 145. Pabellón de estudiantes
Fuente: propia

Situación: Elviña, A Coruña

Arquitecto: Enrique Roel Estrada.

Descripción:

Se trata del pabellón de estudiantes de la universidad de A Coruña, situado en el campus de Elvina. Fue proyectado alrededor de 1997, por el arquitecto Enrique Roel Estrada.

Desde lejos parece un simple cubo de vidrio cubierto por un techo metálico pero el pabellón va más allá. Este pabellón fue diseñado de manera muy inteligente creando el forjado del primer piso de área más pequeña que la caja en la que está envuelto. A demás lo situaron medio metro más alto para facilitar más todavía la filtración de luz solar. El forjado queda así suspendido encima de unos pilares que lo sostienen sin necesidad de descanso en un paramento exterior.

En la imagen 146 se aprecia la diferencia de cotas entre el plano del exterior y el plano de la primera planta del interior.



Ilustración 146. Pabellón de estudiantes
Fuente: propia

7.11 OFICINAS DEL MINISTERIO DE FOMENTO



Ilustración 141. Ministerio de fomento en A Coruña
Fuente: propia

Situación: C/ Antonio Machado, A Coruña. Situadas a un lado de uno de los accesos principales a la ciudad.

Proyecto de: Arturo Franco Taboada

Descripción:

Edificio elegido finalista de los premios A+ 2011. El reconocimiento ha sido concedido en la modalidad de mejor proyecto de edificios destinados al trabajo.

Según el arquitecto este edificio nace con la vocación de convertirse en una pieza singular de la ciudad. La solemnidad y el rigor de un Ministerio precisan un tratamiento específico que atiende tanto a su eficacia como a su funcionamiento interno, funcionamiento ligado a estrictos condicionantes de carácter público y privado.

La contundencia del volumen se resuelve a través de un paralelepípedo de pizarra sobre un zócalo de mortero. La solución de la fachada responde a las exigencias de un interior con un amplio programa de necesidades así como a una visualización cambiante de la imagen del edificio según las distintas franjas horarias y grado de actividad de las oficinas. Una piel ventilada de tabloneros de pizarra envuelve los espacios interiores

recorriendo la práctica totalidad de la fachada y ofreciendo una importante riqueza de matices que se sirven de la luz y las vistas para dulcificar una imagen premeditadamente rotunda.

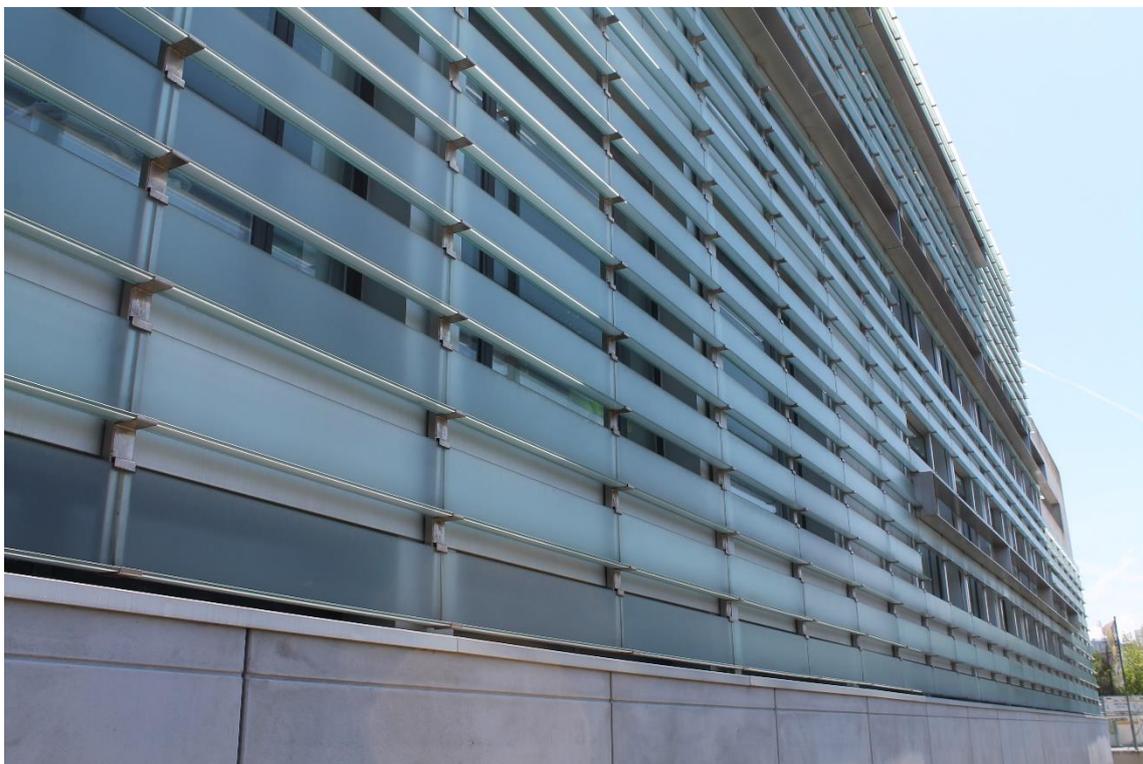


Ilustración 142. Fachada del ministerio de fomento en A Coruña
Fuente: propia

Los espacios interiores pretenden suavizar la rigidez del programa desdoblándose para conseguir distintas conexiones visuales, siendo el hall de entrada la principal fractura espacial que comunica las tres plantas de uso público y aclarando desde un principio el funcionamiento del Ministerio. El resto de las plantas de carácter privado se relacionan de manera más modesta pero igualmente efectiva oxigenando la densidad interna del volumen. Para todo ello proponemos un revestimiento exterior altamente resistente, autóctono y con un alto grado de calidad técnica aplicado utilizando las últimas tecnologías del muro cortina y combinado con grandes superficies de vidrio donde la carpintería de acero asume un papel dominante prestando especial interés a la solución de los pequeños detalles.

La fachada del edificio fue ejecutada por el Grupo ALUMAN, desarrollando en ella tanto los cerramientos de aluminio y vidrio como los prefabricados de hormigón.

7.12 OFICINA DE TURISMO EN ARTEIXO



Ilustración 143. Oficina de turismo en Arteixo
Fuente: <http://goo.gl/FynpS0> (Recuperado 25 Mayo 2015)

Situación: Arteixo, A Coruña

Proyecto de: Alejandro García y Arquitectos

Descripción:

Se trata de un proyecto llevado a cabo en el año 2012 en el que el objetivo principal era hacer destacar la oficina con el fin de atraer turistas a otros ámbitos pero quizás conmovidos por la oficina (sus playas, paisajes, rutas, arquitectura, comercio no se conocen) una solución para que fuese el polo de atracción del turismo; que el Turista que va hacia Finisterre o la costa de la muerte hiciese un alto en el camino a través de un edificio singular, después el personal que da la información sería el encargado de que los turista se quedasen en Arteixo para consumir y conocer desde otro punto de vista la zona.

El otro condicionante fue la partida económica, había que conseguir algo singular con poco dinero. Por ello que se elige la opción de reformar y acondicionar el edificio existente, sin tirarlo, para adaptarlo a su uso como oficina dotándolo de comodidad y servicio para sus usuarios, a continuación decidimos crear una nueva piel al edificio que fuese con un material nuevo moderno y resistente en el tiempo, a la hora de crear esa piel la imaginación hizo el resto, para crear esta nueva imagen del edificio existente para que no pasase inadvertido y fuese el propio edificio el polo de atracción del visitante.



Ilustración 144. Oficina de turismo en Arteixo
Fuente: <http://goo.gl/FynpS0> (Recuperado 25 Mayo 2015)

El resultado final es la perfecta combinación de metal y vidrio. La envolvente metálica actúa como protector del sol y el vidrio proporciona esa sensación de libertad permitiendo el paso de la luz a pesar de estar en una caja metálica.

8. CONCLUSIONES

A lo largo de la historia el vidrio ha ido evolucionando progresivamente desde ser un material específico y único de gente pudiente a en la actualidad encontrarlo en todos nuestros objetos de uso cotidiano. En la construcción también se puede decir que está teniendo un cambio de conceptos ya que en un principio solo era un material útil para simplemente cerrar un hueco y permitir el paso de la luz que complementaba el cerramiento a hoy en día que puede ser el material principal de una envolvente arquitectónica.

Todo esto fue gracias a la revolución industrial y al cambio de envolvente portante a estructura portante. En la producción se eliminaron los métodos de fabricación que retrasaban la creación de vidrio creando métodos nuevos como la producción en serie del vidrio plano. De repente fabricar vidrio resultaba fácil rápido y económico y se empezó a ver como un material de construcción.

Su uso en la arquitectura fue promovido por arquitectos importantes de la época como Taut o Shebart pero el miedo que se tiene al vidrio por su fama de frágil hizo que su evolución fuera bastante lenta.

Hoy en día son muchos los arquitectos que apuestan por romper el miedo de la fragilidad con el vidrio como un material para envolventes arquitectónicas. Un claro ejemplo de ello son SANAA o Herzog & de Meuron, estos arquitectos suelen incorporar el vidrio en sus obras causando una sensación de fluidez espacial e integración total del vidrio con otros materiales.

También está el problema y miedo de la pérdida de intimidad que provoca el vidrio. En una vivienda muchas veces lo que se busca es la intimidad, “que tu casa sea tu cueva” y utilizando envolventes de vidrio esto no es posible. Sin embargo en un edificio público se busca la transparencia y sensación de libertad por lo que en este campo si es una más recurrida.

En comparación con otros materiales el vidrio se emplea menos debido a una percepción psicológica que por una realidad física ya que como se ha explicado el vidrio tiene mayor resistencia a compresión que el acero y aunque la resistencia a tracción sea menor todavía sigue siendo mayor que la del hormigón y la madera. El problema radica en la flexión que cada día se supera más con los nuevos avances científicos ya sea por laminación o por una correcta colocación en obra.

En cuanto al color el vidrio es el único material que permite colorear su masa con facilidad. Me gustaría hacer una crítica reflexiva utilizando para ello como ejemplo la ciudad de A Coruña. Muchas veces cuando viajamos sentimos que estamos en otros sitios debido a las tonalidades del lugar. Antiguamente se notaba más porque la gente construía con los materiales de la zona y esos materiales siempre van asociados a un color. Este es el caso en Galicia del verde y el gris debido a la gran vegetación y la abundancia de granito que siempre hubo para sus construcciones o el caso del marrón o rojizo si estamos hablando de Andalucía debido a sus sequias y su abundancia de barro que ha proporcionado sus casas de ladrillo rojizo característico.

Actualmente y desde mi punto de vista esto es algo que se está perdiendo posiblemente por la introducción de nuevos materiales como el vidrio o las chapas metálicas pero que se debería de mantener. La ciudad de Coruña se manifiesta a favor del color azul y rojo. El azul le es inevitable por ser una ciudad costera y de mar pero el rojo le viene por sus decisiones el transporte urbano, la iluminación pública...

Con esto quiero decir que la introducción de estos nuevos materiales no debería ser el motivo de pérdida de las características de un lugar si no una incorporación más que se mimetizara con el ambiente y esto es otra característica remarcable que el vidrio nos ofrece en comparación con otros materiales.

Por ultimo mencionar a la gran posibilidad de formas que se han alcanzado hoy en día en las envolventes arquitectónicas vidriadas. La forma ya no es caso de preocupación cuando hablamos de vidrio. El único problema radica en la dimensión. Se pueden crear grandes obras que parezcan hechas por completo de vidrio pero siempre si estamos hablando de módulos. Desde que se empezó a usar el método de mallas y muros cortina han resultado formas geométricas en la arquitectura totalmente increíbles ya sea con vidrios planos o curvos. El vidrio ha ido rompiendo todos los mitos uno a uno y se ha convertido en un material muy versátil que hoy en día lo encontramos en todas partes.

Finalmente podemos decir que aunque se haya evolucionado mucho en el campo de envolventes de vidrio aún más nos queda por crecer. Solo las grandes ciudades están incorporando estas envolventes como un material de uso común. Mi razonamiento llega a la conclusión de que muchas veces las ciudades grandes son la mayoría edificios de oficinas y edificios públicos por lo que siempre se arriesga más a la hora de escoger un material para su edificio y por qué no mostrar la transparencia del oficio. En zonas como Galicia aún queda mucho camino que recorrer ya que es más dedicada a vivir que a trabajar. Muchas veces cuando uno está en casa es para descansar y tener su intimidad y obviamente el vidrio rompe con la palabra intimidad. Todavía el vidrio genera desconfianza a la hora de incorporarlo a la vida cotidiana. Pero la tendencia clara hacia el vidrio es indiscutible.

9. BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS Y REVISTAS

ALEJANDRA NOVILLO, M. 2003. Esencia y cambio en el concepto de límite. Belgrano: Universidad de Buenos Aires, 2003.

BELMONTE USEROS, P. 2010. Crítica del color en el medio urbano. Alicante: Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2010. ISBN 978-84-9717-144-1.

CENTRO DE INVESTIGACION EN TECNOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN. 2012. Manual de diseño pasivo y eficiencia energética en edificios públicos. 5.3. Estrategias de transmisión de la luz natural. Santiago de Chile: ISBN: 978-956-8070-04-5, 2012.

CEREZO MIGUEL, J.M, NÚÑEZ DÍAZ, M.A. y LAURET AGUIRREGABIRIA, B. Circa, ca: 2009. Nuevos conceptos en elementos de vidrio: vigas pretensadas. Madrid: s.n., Circa, ca: 2009.

REVISTA ESPACIO & CONFORT. 2013. [on-line http://issuu.com/espacioyconfort/docs/62costa_abril2013]. Edición Nº 62 Abril 2013, 2013.

FIORITO BARALLE, M. C. y ROIG PICAZO, P. y BOSCH REIG I. 2011 y 2012. Colores urbanos... Identidad arquitectónica. Nº. 6 y 7, Valencia: ARCHÉ, 2011 y 2012.

FERNÁNDEZ MADRID, J. 1992. La galería en Galicia como elemento de la arquitectura del agua. A Coruña: Universidad, Servicio de Publicaciones, 1992. ISBN. 978-8-4883-0155-0.

FERNÁNDEZ NAVARRO, J.M. 2003. El Vidrio. Madrid: CSIC, Fundación Centro Nacional del Vidrio, 2003. ISBN. 978-8-4000-8158-4.

SAINT GOBAIN, 2001. Manual del vidrio. Madrid: s.n., 2001.

Grupo de Trabajo CEI, IDAE y CSCAE. 2005. Guía técnica para el aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios. Madrid: Informes IDAE, 2005. ISBN: 84-86850-92-4.

KALTENBACH, FRANK. 2004. Translucent Materials Glass, Plastics, Metals. Basel: Birkhäuser Architecture, 2004. ISBN. 978-3-7643-7033-6.

JOFRÉ MUÑOZ, J. A. y AROZTEGUI MASSERA, C. 2010. La transparencia y la exclusión: ver pero no estar. N° 1:27-36, Chile: Arqiteturarevista, 2010, Vols. Vol. 6, ISSN 1808-5741.

MONJO CARRIÓ, J. 2005. La evolución de los sistemas constructivos en la edificación. Procedimientos para su industrialización. España: Informes de la Construcción, Vol. 57, nº 499-500, 2005.
MURRAY, SCOTT. 2013. Translucent building skins: material innovations in modern and contemporary architecture. New York: Routledge, 2013. ISBN. 978-0415689311.

NIJSSE, ROB. 2003. Glass in Structures elements, concepts, designs. Basel: Birkhäuser, 2003. ISBN. 978-3-7643-6439-7.

ON DISEÑO. 2007. Finalista de los premios FAD de Arquitectura. [On-line <http://www.ondiseño.com/proyecto.php?id=1099>]: ON288 - DIC/2007, 2007.

SALVADOR BOADA, X. 2013. Los límites del vidrio: Aproximación analítica a los límites de las prestaciones energético-lumínicas del vidrio. . Barcelona: Universidad politécnica de Cataluña, 2013.
SORROCHE CRUZ, A. y DUMONT BOTELLA, A. 2005. Historia del vidrio. Técnica Industrial 257. 2005.

TÉCNICAS DE VANGUARDIA CONSTRUCTIVA Circa, ca: 2006 instituto holandés de sonido e imagen [disponible on-line en http://www.norquimia.com/esp/revista/Articulo_Instituto_Holandes_Sonido_Imagen.pdf]

VASA, S.A. Circa, ca: 2010. Vidriado de techos transparentes. Argentina: Boletín informativo BI 20, Circa, ca: 2010.

WURM, JAN. 2007. Glass structures: design and construction of self-supporting skins. Basel: Birkhäuser Architecture, 2007. ISBN. 978-3-7643-7608-6.

RECURSOS DIGITALES

ARCHITIZER. 2012. <http://architizer.com/blog/chinas-crazy-piano-and-violin-house/>. [En línea] 24 de Agosto de 2012. [Consulta: 12 de Abril de 2015.]

VIER ARQUITECTOS, 2013. <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-318817/casa-en-perbes-vier-arquitectos>. [En línea] 13 de Diciembre de 2013. [Consulta: 22 de Mayo de 2015.]

AZABU, MOTO. 2005. <http://klein-dytham.com/architecture/billboard-building/>. [En línea] Julio de 2005. [Consulta: 02 de Mayo de 2015.]

AZZARELLO, NINA. 2013. <http://www.designboom.com/architecture/a-tree-in-the-house-in-almaty-kazakhstan-by-almasov-aibek-10-102013/>. [En línea] 10 de Octubre de 2013. [Consulta: 18 de Febrero de 2015.]

BAVOTA, C. circa, ca: 2013. <http://www.arkiplus.com/los-12-disenos-arquitectonicos-modernos-mas-innovadores-del-mundo>. [En línea] circa, ca: 2013. [Consulta: 23 de mayo de 2015.]

BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD DE COTTBUS. Wikiarquitectura: La enciclopedia libre de arquitectura. [En línea] 13 de Abril de 2015. [Http://es.wikiarquitectura.com/index.php/biblioteca_de_la_Universidad_T%C3%A9cnica_de_Cottbus_-_%22IKMZ%22](http://es.wikiarquitectura.com/index.php/biblioteca_de_la_Universidad_T%C3%A9cnica_de_Cottbus_-_%22IKMZ%22) [Consulta: 02 de Mayo de 2015.]

CSIC. 2015. http://www.csic.es/buscar?p_p_state=maximized&p_p_lifecycle=1&contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet_struts_action=%2Fcontentviewer%2Fview&p_p_id=contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet_contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet_nodeRef=. [En línea] Febrero de 2015. [Consulta: 11 de Mayo de 2015.]

DUQUE, KARINA. 2012. <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-169324/clasicos-de-arquitectura-casa-farnsworth-mies-van-der-rohe>. [En línea] 10 de junio de 2012. [Consulta: 16 de febrero de 2015.]

EISENMAN ARCHITECTS. 2011. <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-92887/la-ciudad-de-la-cultura-eisenman-architects>. [En línea] 09 de Junio de 2011. [Consulta: 25 de Mayo de 2015.]

ETHERINGTON, ROSE. 2008. <http://www.dezeen.com/2008/09/14/56-leonard-street-by-herzog-de-meuron/>. [En línea] 14 de Septiembre de 2008. [Consulta: 05 de Abril de 2015.]

FACTORIAURBANA. Circa, ca: 2006. <http://www.factoriaurbana.com/ciudades/edificios.php?id=23&ciudad=A%20Coru%F1a>. [En línea] circa, ca: 2006. [Consulta: 14 de Mayo de 2015.]

FAIRS, MARCUS. 2010. <http://www.dezeen.com/2010/02/17/rolex-learning-center-by-sanaa/>. [En línea] 17 de febrero de 2010. [Consulta: 16 de febrero de 2015.]

FRANCO TABOADA, A. circa, ca: 2011. <http://www.arturofranco.com/paginas/obras/fomento.html>. [En línea] circa, ca: 2011. [Consulta: 23 de Mayo de 2015.]

FRANCO, JOSÉ TOMAS. 2013. <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-284732/casa-de-los-espejos-mlrp>. [En línea] 11 de Agosto de 2013. [Consulta: 16 de Marzo de 2015.]

—. **2011.** <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-71008/fachadas-homeostaticas-para-edificios-verdes>. [En línea] 09 de Febrero de 2011. [Consulta: 21 de Mayo de 2015.]

FREARSON, AMY. 2013. <http://www.dezeen.com/2013/01/27/optical-glass-house-by-hiroshi-nakamura-nap/>. [En línea] 27 de Enero de 2013. [Consulta: 02 de Abril de 2015.]

—. **2013.** <http://www.dezeen.com/2013/09/27/emporium-shopping-centre-in-malmo-by-wingardhs/>. [En línea] 27 de Septiembre de 2013. [Consulta: 05 de Abril de 2015.]

FRUIN, TOM. 2010. <http://tomfruin.com/kolonihavehus.html>. [En línea] 2010. [Consulta: 16 de Mayo de 2015.]

FUTUROSCOPE. Circa, ca: 2005. <http://scolaires.futuroscope.com/pedagogie/ressources-telechargeables/l-architecture-du-futuroscope>. [En línea] Circa, ca: 2005. [Consulta: 11 de Mayo de 2015.]

GARCÍA, ALEJANDRO. 2012. <http://www.archdaily.com/269047/tourism-office-in-arteiro-alejandro-garcia-y-arquitectos/>. [En línea] 04 de Septiembre de 2012. [Consulta: 25 de Mayo de 2015.]

GARDINETTI, MARCELO. 2012. <http://tecne.com/arquitectura/kk-100-en-shenzhen/>. [En línea] Junio de 2012. [Consulta: 05 de abril de 2015.]

IBA HAMBURG, 2014. <http://www.iba-hamburg.de/en/themes-projects/the-building-exhibition-within-the-building-exhibition/smart-material-houses/biq/projekt/biq.html>. [En línea] 2014. [Consulta: 11 de Mayo de 2015.]

HARPA AUDITORIO Y CENTRO DE CONGRESOS Wikiarquitectura: La enciclopedia libre de arquitectura. [En línea] http://es.wikiarquitectura.com/index.php?title=Harpa-Auditorio_y_Centro_de_Congresos. [Consulta: 11 de Mayo de 2015.]

HEATHER, CARLSEN. 2013. <http://www.designboom.com/architecture/rainbow-residence-arc-en-ciel-by-bernard-buhler/>. [En línea] 29 de Julio de 2013. [Consulta: 16 de Mayo de 2015.]

HERZOG Y DE MEURON. 2009. <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works/126-150/132-rossetti.html>. [En línea] 2009. [Consulta: 16 de Mayo de 2015.]

La nueva sede para albergar... 2011. <http://arquitecturaespectacular.blogspot.com.es/2010/06/sede-de-la-sgae.html>. [En línea] 20 de Marzo de 2011. [Consulta: 24 de Mayo de 2015.]

LACUNA. 2014. <http://architectuul.com/architecture/prada-tokyo-building>. [En línea] 21 de Febrero de 2014. [Consulta: 06 de Abril de 2015.]

LEEB, WOLFGANG. 2008. <http://www.mediaarchitecture.org/greenpix-zero-energy-media-wall-beijing/>. [En línea] 28 de Abril de 2008. [Consulta: 2011 de Mayo de 2015.]

LLC, TANGIENT. 2005. historiarte1.wikispaces.com/search/view/arquitectura%20SigloXIX. [En línea] TES Global Limited, 2005. [Consulta: 03 de Marzo de 2015.]

LOPEZ MAZAS, N. Circa, ca: 2005. <http://espaciosenconstruccion.blogspot.com.es/2014/06/o-castro-tecnologico-mansilla-y-trunon.html>. [En línea] circa, ca: 2005. [Consulta: 26 de Mayo de 2015.]

MUSAC. Circa, ca: 2006. http://musac.es/PDF/PRENSA/dossier_general2.pdf. Dossier de información general. [En línea] circa, ca: 2006. [Consulta: 14 de Mayo de 2015.]

MUSEO NELSON ATKINS. Circa, ca: 2007. http://www.nelson-atkins.org/art/HistNewNA_Design.cfm. [En línea] Circa, ca: 2007. [Consulta: 02 de Abril de 2015.]

MUSEO DEL VIDIRO. 2009. <http://www.museodelvidrio.com/investigacion/tecnica.htm>. [En línea] 2009. [Consulta: 18 de Mayo de 2015.]

MVRDV. 2013. <http://www.mvrdv.nl/projects/glass-farm>. [En línea] 2013. [Consulta: 02 de Mayo de 2015.]

NOTICIAS ARQUITECTURA. Circa, ca: 2012. http://noticias.arq.com.mx/Detalles/13404.html#.VWn8-8_tmko. [En línea] circa, ca: 2012. [Consulta: 02 de Abril de 2015.]

NUEVO HERALD. 2009. <http://www.elnuevoherald.com/noticias/sur-de-la-florida/article1998678.html>. [En línea] 1 de Septiembre de 2009. [Consulta: 04 de Mayo de 2015.]

PUENTE ISLA MUR—. Wikiarquitectura: La enciclopedia libre de arquitectura. [En línea] Circa, ca: 2003. http://es.wikiarquitectura.com/index.php/Puente_Isla_Mur. [Consulta: 11 de Mayo de 2015.]

SAFLEX. 2015. <http://www.saflex.com/es/ArchiStructural.aspx>. [En línea] 2015. [Consulta: 23 de Mayo de 2015.]

TECHNAL. 2008. <http://www.technal.es/es/profesional/Descripcion-referencias/Obras-Institucionales/Sanidad-Bilbao/>. [En línea] 2008. [Consulta: 14 de Mayo de 2015.]

—. **Circa, ca: 2005.** http://www2.technal.es/e-scena/e-scena5/colegio_vigo.html. [En línea] circa, ca: 2005. [Consulta: 23 de Mayo de 2015.]

THAM & VIDEGARD. Circa, ca: 2010. <http://www.tvark.se/treehotel/>. [En línea] circa, ca: 2010. [Consulta: 16 de Marzo de 2015.]

VALLEJO SOLANO, E. A. 2014. <http://goo.gl/HsLc1G>. Utopía de la luz. [En línea] 2014. [Consulta: 10 de Marzo de 2015.]

VAZQUEZ, FERMIN. 2005. http://b720.com/en/proyecto/torre_agbar_es. [En línea] 2005. [Consulta: 11 de Mayo de 2015.]

VEGA, VALERIA. 2014. <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/624610/museo-de-arte-nelson-atkins-steven-holl-architects>. [En línea] 27 de Julio de 2014. [Consulta: 02 de Abril de 2015.]

YIRCA, BOB. 2013. <http://phys.org/news/2013-04-algae-powered-hamburg.html>. [En línea] 12 de Abril de 2013. [Consulta: 11 de Mayo de 2015.]

ZABALBEASCOA, ANATXU. 2011. <http://blogs.elpais.com/del-tirador-a-la-ciudad/2011/04/muncyt-en-a-coru%C3%B1a-la-historia-accidentada-de-un-gran-edificio.html>. [En línea] 13 de Abril de 2011. [Consulta: 20 de Mayo de 2015.]

20_FENCHURCH_STREET. Wikipedia: la enciclopedia libre [En línea] 21 de Mayo de 2015. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/20_Fenchurch_Street. [En línea] [Consulta: 30 de Mayo de 2015.]

10. GLOSARIO.

Caña de soplar: Tubo de hierro usado para soplar y dar forma al vidrio a mano o en molde, en un extremo se recoge el vidrio y por el otro lado se sopla ligeramente (esta parte es algo más gruesa) para recoger el vidrio la caña se debe calentar antes.

Crisol: Recipiente de barro refractario donde se funde el vidrio dentro del horno.

Efecto Invernadero: Efecto por el cual el acristalamiento de vidrio actúa a modo de barrera ante las radiaciones con longitud de onda superiores a 5 μm . Estas se desprenden por los cuerpos de una habitación al calentarse por los rayos solares sin poder salir del local, impedidos por el vidrio.

El factor solar o Valor g (ganancia térmica) es el calor que se introduce al interior de un edificio mediante radiación, convección o conducción.

Enfornaje: sistema de alimentación de la masa vitrificable.

Envolvente: Es esa piel que separa el exterior del interior de los edificios con el fin de que el hombre pueda habitarlo.

Frecuencia crítica: Fenómeno que aparece cuando la longitud de onda de la onda sonora incidente en una partición es igual a la longitud de las ondas de flexión de la partición, produciéndose un descenso muy acusado en el aislamiento acústico.

Fisuras de Griffith: Red de fisuras de escala imperceptible para el ojo humano que afectan a la superficie del vidrio y provocan unas tensiones localizadas que minoran radicalmente la resistencia mecánica del material.

Índice de rendimiento cromático (IRC). Es la capacidad de la luz natural, transmitida a través del acristalamiento, para representar una serie de colores en comparación con los que se ven bajo luz natural sin acristalamiento. Se utiliza una escala de 1 a 100. Por ejemplo, un IRC bajo hace que los colores parezcan desteñidos, mientras que un IRC alto hace que parezcan intensos y naturales. En el vidrio comercial, el IRC indica el efecto que una configuración de vidrio determinada tiene sobre el aspecto de los objetos que se ven a través del vidrio.

Módulo de Young: Coeficiente E que relaciona el alargamiento unitario ϵ de una barra sometida a esfuerzo según su eje, con la tensión aplicada σ . Para un vidrio plano, el Módulo de Young o Módulo de elasticidad es $7,3 \times 1000000 \text{ kp/cm}^2$.

Muro cortina: es un tipo de fachada ligera, está compuesto por una estructura auxiliar que se ubica por delante de la estructura del edificio sobre la que se acoplan elementos de bajo peso y delgado espesor (en este caso, vidrio) fijada a la estructura resistente sin ser parte constitutiva de la misma.

Led: (del acrónimo inglés LED, light-emitting diode: 'diodo emisor de luz') es un diodo que emite luz.

Lama: Lámina de metal, madera u otros materiales que se emplea para diferentes usos, como la construcción de persianas graduables o de somieres.

Pandeo: Curvatura que toma una pared, viga, o columna promovida por soportar un esfuerzo de carga excesivo.

Rigidez: Cualidad de resistencia a la deformación. Las estructuras que no son rígidas se denominan flexibles.

Selectividad: Es la relación entre la transmitancia de luz visible y el factor solar. Una relación de selectividad mayor supone que la luz del sol que entra en la habitación es más eficaz para la iluminación diurna, especialmente, en verano, cuando es preferible más luz con menos ganancia solar. Esta relación es la medida que se utiliza para determinar si el acristalamiento es "espectralmente selectivo".

Silicona Estructural: Es aquella que fija el vidrio por adherencia y no presión. Con ello se facilita la realización de fachadas integrales de vidrio sobre la base de la total desmaterialización de la junta, lo que permite resolver la rotura del puente térmico en el intradós de la carpintería.

Sistema VEA: Sistema de vidrio estructural de origen francés que significa: vidrio exterior anclado.

Templado del vidrio: Tratamiento al que se somete a un vidrio para combatir su fragilidad y mantener comprimida la superficie de la lámina. Consiste en calentar la hoja de vidrio hasta alcanzar temperaturas cercanas a los 600º C, para, más tarde, proceder al enfriamiento brusco de las superficies.

Vidrio coloreado: Elemento coloreado en su masa mediante adición de óxidos metálicos estables.

Vidrio serigrafiado: se caracteriza por tener depositada en una de sus caras, esmaltes vitrificables por el sistema de impresión serigráfica.

Vidrio impreso: es un vidrio en el que una de las caras tiene un dibujo grabado en relieve.

Vidrio estructural: Unidad de cerramiento acristalado autoportante, que no necesita una subestructura adicional de montantes y travesaños para su puesta en obra y que resuelve la estanqueidad de sus propias juntas y las que se generan entre paneles adyacentes. El punto débil de esta fachada es que requiere montantes metálicos sobre los que atornillar cada panel para reducir el efecto del viento llamados arañas.

11. NORMATIVA APLICABLE.

Código Técnico de la Edificación (CTE) y vidrio.

Las normas que regulan las condiciones de utilización de vidrio en edificación vienen establecidas principalmente por las disposiciones que establece el Código Técnico de la Edificación (www.codigotecnico.org). Este marco normativo de referencia en España viene impulsado por la Ley 38/1999 Ley de Ordenación de la Edificación (LOE).

El código técnico de la edificación establece los criterios mínimos que deben cumplir los edificios en cuanto a exigencias de Ahorro Energético, Protección Antiagresiones, Seguridad de Uso, Protección Acústica y Protección del medio-ambiente.

El objetivo del CTE es reducir las demandas energéticas así como mejorar el bienestar de las personas. Este código aúna normas anteriores a nivel europeo (UNE) y las anteriores Normas Básicas de la Edificación (NBE), aunque no es el único marco de referencia.

Las normas de referencia en España para productos de vidrio para la construcción son las siguientes:

VIDRIO BASE

UNE-EN 572-1 Vidrio base: Definiciones y propiedades

UNE-EN 572-2 Vidrio base: Vidrio plano

UNE-EN 572-3 Vidrio base: Vidrio armado pulido

UNE-EN 572-4 Vidrio base: Vidrio estirado

UNE-EN 572-5 Vidrio base: Vidrio impreso

UNE-EN 572-6 Vidrio base: Vidrio impreso armado

UNE-EN 572-7 Vidrio base: Vidrio de perfil en "U"

UNE-EN 572-8 Vidrio base: Dimensiones y corte final

UNE-EN 572-9 Vidrio base: Evaluación de conformidad

VIDRIO LAMINADO

UNE-EN 1063 Ensayo y clasificación Antibalas

UNE-EN 356 Ensayo y clasificación al ataque manual.

UNE-EN ISO 12543-1 Vidrio laminado: Definición y descripción. Componentes.

UNE-EN ISO 12543-2 Vidrio laminado de seguridad

UNE-EN ISO 12543-3 Vidrio laminado

UNE-EN ISO 12543-4 Vidrio laminado: Métodos de ensayo de durabilidad.

UNE-EN ISO 12543-5 Vidrio laminado: Dimensiones y acabado de bordes

UNE-EN ISO 12543-6 Vidrio laminado: Aspecto

UNE 108134 Equivalencias niveles blindaje entre las normas UNE 108131 (Anulada) y UNE EN-1063

UNE-EN 13541 Vidrio de seguridad: Ensayo y clasificación resistencia a la explosión.

UNE-EN 12600 Ensayo pendular: Método de ensayo y clasificación

VIDRIO TEMPLADO / TERMOENDURECIDO

UNE-EN 12150-1 Temple: Definiciones

UNE-EN 12150-2 Temple. Conformidad

UNE-EN 1863-1 Termoendurecido: Definición

UNE-EN 1863-2 Termoendurecido: Conformidad

UNE-EN 14179-1 Heat Soak: Definición

UNE-EN 14179-2 Heat Soak: Evaluación Conformidad

UNE-EN 14321-1 Temple vidrio alcalinotérreo: Definición.

UNE-EN 14321-2 Temple vidrio alcalinotérreo: Conformidad.

VIDRIO DE CAPA

UNE-EN 1096-1 Vidrios de capa: Definiciones

UNE-EN 1096-2 Vidrios de capa: Ensayos clase A, B y S

UNE-EN 1096-3 Vidrios de capa: Ensayos clase C y D

UNE-EN 1096-4 Vidrios de capa: Evaluación conformidad

UNIDAD DE VIDRIO AISLANTE

UNE-EN 1279-1 UVA: Generalidades, tolerancias dimensionales y reglas para la descripción del sistema.

UNE-EN 1279-2 UVA: Ensayo largo plazo humedad

UNE-EN 1279-3 UVA: Ensayo largo plazo. Fuga concentración gas

UNE-EN 1279-4 UVA: Ensayo largo plazo sellados perimetrales

UNE-EN 1279-5 UVA: Evaluación de conformidad

UNE-EN 1279-6 UVA: Ensayos periódicos y control en fábrica

VIDRIO RESISTENTE AL FUEGO

UNE-EN 357 Clasificación de la resistencia al fuego

Condiciones Térmicas:

Las condiciones térmicas que debe cumplir una unidad de vidrio para construcción están definidas en el Código Técnico de la Edificación (CTE). Los valores de transmitancia térmica (U) máxima y factor solar (g) están limitados en función de la orientación solar del acristalamiento, de la situación geográfica, de la altitud y del % de huecos en fachada. Esta limitación debe calcularse según requiera cada situación. Los valores obtenidos se clasifican por zonas climáticas, en función del grado de severidad climática. En base a estas limitaciones las propiedades del vidrio deberán tenerse en cuenta para la correcta aplicación del tipo de vidrio más adecuado.

Las características avanzadas de Aislamiento térmico reforzado y/o control solar pueden mejorar las necesidades de demanda energética en un edificio, optimizando el gasto en sistemas de climatización y reduciendo las pérdidas de calor en los acristalamientos. Consiguiendo mayores niveles de clasificación energética. Así mismo el uso de vidrios de control Solar permite reducir los aportes solares, mejorando su comportamiento térmico en verano.

Para disminuir las pérdidas de calor en invierno se aconseja el uso de vidrios de Baja Emisividad que pueden mejorar hasta un 30% el comportamiento térmico de un vidrio aislante tradicional.

Para disminuir la ganancia solar se recomienda el uso de vidrios de Control Solar que permiten reducir los aportes solares y optimizar el gasto en climatización en verano.

Condiciones Acústicas:

El crecimiento de las ciudades ha causado que los niveles de impacto acústico se hayan visto incrementado en los últimos tiempos. El vidrio como parte fundamental en los materiales de construcción se ha tenido que adaptar a las nuevas necesidades de aislamiento acústico, estas limitaciones también están definidas en el CTE. La reducción de ruido en el interior de los edificios es cada vez una necesidad mayor, este es el motivo por el que los vidrios de aislamiento acústico son cada vez más necesarios, el uso de vidrios laminares consigue reducir este impacto acústico en cada proyecto.

Condiciones de Seguridad:

Seguridad de Uso

El Código Técnico establece los criterios que deben de cumplir los acristalamientos en cuanto a seguridad de uso y lo clasifica según la norma UNE-EN 12600:2003, donde se especifica los niveles de protección con el objetivo de evitar accidentes.

Seguridad ante agresiones

Los vidrios que responden a necesidades de protección contra ataques intencionados cumplen ensayos de resistencia en función del grado de seguridad que se requiera, para este fin la norma UNE-EN 356:2001 tiene hasta 8 niveles de protección. El usuario final es quien debe determinar el nivel de protección deseado en cada caso

Seguridad contra ataque de bala

Las prestaciones de los vidrios de protección antibala están regulados por la norma UNE-EN 1063:2001, sustituyendo a la anterior norma UNE-EN 108-131 actualmente derogada. Esta norma especifica los niveles de protección que deben cumplir los acristalamientos para ser resistentes contra ataques de arma corta, rifle o escopeta. Esta clasificación tiene en cuenta el tipo de arma y de calibre de la munición empleada, las composiciones para estas prestaciones son complejas y requieren una buena prescripción de las necesidades de protección.

Seguridad contra explosiones

La categoría de vidrios antiexplosión está clasificada por la norma UNE-EN 13541:2001, en la que se especifican las clases de protección y los niveles de resistencia contra explosiones. Como para cualquier acristalamiento de seguridad debe evaluarse el riesgo y la clase de protección para poder definir correctamente el tipo de acristalamiento que cumpla con los requisitos prescritos. Estos vidrios laminares al igual que los anteriores, se someten a ensayos de resistencia contra explosiones para cuatro niveles de protección, es recomendable una buena asesoría por parte de un experto en explosivos o personal especializado que determine el nivel de resistencia que debe tener el acristalamiento.

Condiciones de fuego:

El Código Técnico de la Edificación exige que los sistemas para llamas (E y EW) y cortafuegos (EI) cumplan los requisitos necesarios para salvaguardar la integridad de las personas ante un eventual incendio. El sistema utilizado debe cumplir el retardo solicitado por el organismo competente.

El sistema se compone de una estructura y un acristalamiento adecuado, ensayado conjuntamente en un laboratorio oficial e instalado en obra por personal certificado y cualificado. Las estructuras alternativas sin ensayo no son válidas para la protección fuego. Solo el uso de productos homologados y con la garantía del fabricante que garanticen la protección de las personas en caso de incendio.

También se han de tener en cuenta la normativa relacionada con los adhesivos estructurales:

UNE-EN 15274:2008 Adhesivos de uso general para uniones estructurales. Requisitos y métodos de ensayo.

12. ANEJOS

A. TEXTO HISTÓRICO

Glasarchitektur (Arquitectura de cristal) en Berlín, por el poeta, historiador y crítico alemán Paul Scheerbart. Se trata de un libro que contenía 111 ensayos, y que narraba sobre una arquitectura utópica que soñaba con cambiar por completo la faz de la tierra y con ello aspirar a una “nueva civilización”.

En estos ensayos, Scheerbart planteaba una nueva civilización, ya que para él, Europa y todo el planeta, era una sombría Tierra plagada de ladrillos, lo que había generado que las sociedades se desarrollaran en espacios cerrados, sombríos y extremadamente limitantes para el desarrollo de la creatividad, por el hecho que nos aislaba del material que para Scheerbart era esencial en la arquitectura: la luz.

En los 111 capítulos del libro, el autor nos muestra cómo sería esta nueva civilización, plagada de edificios de vidrio colorido, con puentes, torres, aeropuertos, aviones e incluso automóviles hechos de vidrio (ocupando para sus estructuras hierro y acero). Un ambiente en donde la noche competiría con el día, ya que las casas y edificios iluminados desde su interior, provocarían un panorama tal, que la noche no volvería a ser oscura.

Que quede claro que la transparencia que proponía Scheerbart no era total, ya que era consciente que las viviendas debían guardar espacios más íntimos. Lo que proponía era jugar con diferentes niveles de transparencias y entradas de luz, y donde el aire transite por vías diversas a la luz, eliminando el concepto de que la ventana sirve para que entre luz y aire, idea por lo demás muy actual si pensamos en los sistemas de calefacción y de aire acondicionado.

Lo que le interesaba principalmente era que las habitaciones se llenasen de luz, que la luz fuera capaz de traspasar las paredes y así iluminar las vidas de las personas. Los muros tenían que ser de vidrios dobles (para controlar la temperatura) y elaborados con vidrios de diversas tonalidades, para darle una atmósfera colorida y no blanca a la luz.

Volviendo la mirada a la actualidad y observando la arquitectura contemporánea, veremos que la utilización del vidrio y el acero no eran tan irreales, ya que las metrópolis mundiales resplandecen de rascacielos de vidrio con estructura en acero, las más osadas como Londres, Hong Kong, o Barcelona, apuestan por los edificios coloridos, como la Torre Agbar de Jean Nouvel en Barcelona o la Swiss Re Tower de Norman Foster en Londres.

Estos edificios no alcanzan más que para cambiar el skyline de algunas ciudades, pero son la prueba de que el sueño de Scheerbart no está tan lejano. Tal vez los arquitectos contemporáneos fueron más allá de la utopía del alemán y cambiaron los vidrios coloridos por diferentes estilos y técnicas de iluminación, generando lo que en realidad

deseaba y soñaba Scheerbart, que era que la noche se convirtiera en día, con estas torres iluminando y llenando de colores y vida a las ciudades.⁴²

He aquí un pequeño resumen de Glasarchitektur -Arquitectura de cristal⁴³

I. El medio ambiente y su influencia sobre el desarrollo de la cultura

Vivimos generalmente en espacios cerrados. Estos constituyen el medio ambiente en que se desarrolla nuestra cultura. Nuestra cultura es, en cierto modo, un producto de nuestra arquitectura. Si queremos aumentar nuestro nivel cultural, nos vemos obligados, nos guste o no, a transformar nuestra arquitectura. Y esto solo será posible si eliminamos el carácter de espacio cerrado de las habitaciones en que vivimos. Pero solo podemos conseguirlo con la arquitectura de cristal, que deja entrar en la habitación la luz del sol y de la luna y de las estrellas, no solo a través de un par de ventanas, sino a través de tantas paredes como sea posible, construidas de vidrio, de cristales de colores. El nuevo ambiente creado así, debe aportarnos una nueva cultura.

XVIII. La belleza de la Tierra cuando la arquitectura de cristal se implante por doquier

La superficie de la Tierra se transformaría mucho si en todas partes se substituyera la arquitectura de ladrillo por la arquitectura de cristal. Sería como si la Tierra se vistiera con diademas de brillantes y esmaltes.

Tanta belleza resulta inimaginable. Y entonces toda la Tierra presentaría una magnificencia mayor que la de los jardines de las Mil y Una Noches.

Entonces, tendríamos un paraíso en la Tierra, y no tendríamos que esperar con añoranza el paraíso del cielo.

XLI. Las posibilidades que permite desarrollar la construcción con hierro.

La construcción con hierro hace posible dar a las paredes la forma que se desee. La verticalidad de las paredes no es ya una necesidad.

Por ello, la construcción con hierro nos abre posibilidades ilimitadas.

⁴² ERTTI, RODRIGO.2014. Taller indur [<http://indibur.com/articulos/arquitectura/articulos-arquitectura-paul-scheerbart.php>]

⁴³ FERNANDA JAUA, M. 2011. Expresionismo. Arquitectura de cristal y la disolución de la ciudad [<http://arquitecturamoderna.tumblr.com/expresionismo>].

Puede desplazarse la cúpula hacia los lados, de tal manera que sentados en una plataforma baste mirar lateralmente hacia arriba para percibir dicha cúpula.

Pero las superficies curvas también son de mucho efecto en la parte inferior de los muros –este efecto se obtiene fácilmente sobre todo en espacios reducidos.

Los espacios reducidos ya no se ven condicionados en absoluto por la verticalidad.

Con ello se reduce mucho la importancia de la planta en arquitectura; el perfil de la construcción adquiere más importancia que nunca.

LXII. Las terrazas

En los grandes edificios de cristal y en el caso de varios pisos, la disposición en terrazas se convierte en una necesidad, pues de lo contrario las superficies de vidrio no podrían llegar al aire libre que conduzca la luz al que están destinadas, pues en la penumbra sólo pueden cumplir su objetivo de noche, y no de día.

Por supuesto esta disposición en terrazas de los pisos eliminará pronto la monótona arquitectura frontal de los edificios de ladrillo.

LXXI. Construcciones transportables

También se puede realizar construcciones de cristal transportables. Son especialmente adecuadas para exposiciones.

Estas construcciones transportables no son de fácil realización. Pero no debe olvidarse que en el caso de objetos nuevos, muchas veces se realiza primero lo más difícil.

CII. La transformación de la superficie terrestre

Esto siempre nos parece cosa de cuento de hadas, cuando en realidad no es nada fantástico ni utópico. Hace ochenta años apareció el ferrocarril de vapor y transformó de hecho, como nadie puede negar, toda la superficie de la Tierra.

Por tanto, de lo dicho hasta ahora se desprende que la superficie terrestre puede ser transformada -y precisamente gracias a la arquitectura del cristal. Cuando aparezca «transformará» la superficie terrestre. A ello contribuirán, naturalmente, otros factores que no cabe tratar aquí.

El ferrocarril de vapor creó la cultura de la gran ciudad de ladrillo actual, que todos sufrimos. La arquitectura de cristal sólo se impondrá solamente cuando se disuelva la gran ciudad.

Esta disolución es evidente para todos aquellos que tienen presente un desarrollo ulterior de nuestra cultura. Ya no vale la pena discutir esta cuestión.

Todos sabemos lo que significa el color; sólo constituye una pequeña parte del espectro. Pero queremos apropiárnosla. El infrarrojo y el ultravioleta no pueden ser percibidos por nuestros ojos, pero el ultravioleta puede ser percibido por los órganos sensitivos de las hormigas.

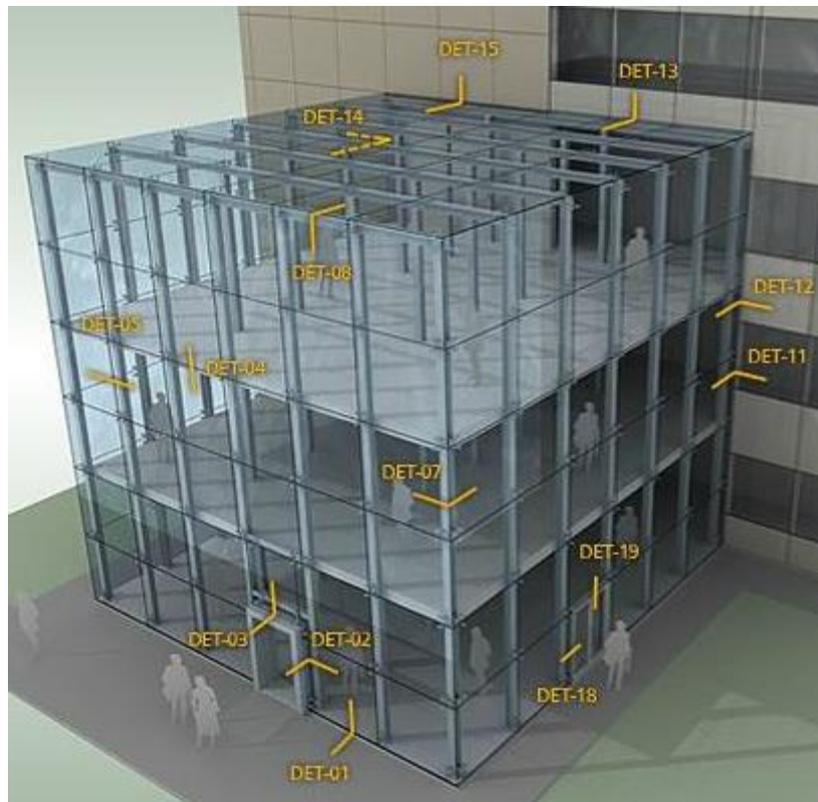
Aun cuando por el momento no podemos suponer que nuestros órganos sensoriales de los sentidos evolucionarán de la noche a la mañana, tenemos derecho, sin embargo, a suponer que para empezar podemos conseguir aquello que está a nuestro alcance – precisamente por la parte del espectro que podemos percibir con nuestros ojos, la maravilla de los colores que estamos en condiciones de percibir.

Para ello, lo único que puede ayudarnos es la arquitectura de cristal, que debe transformar toda nuestra vida y el medio en que vivimos.

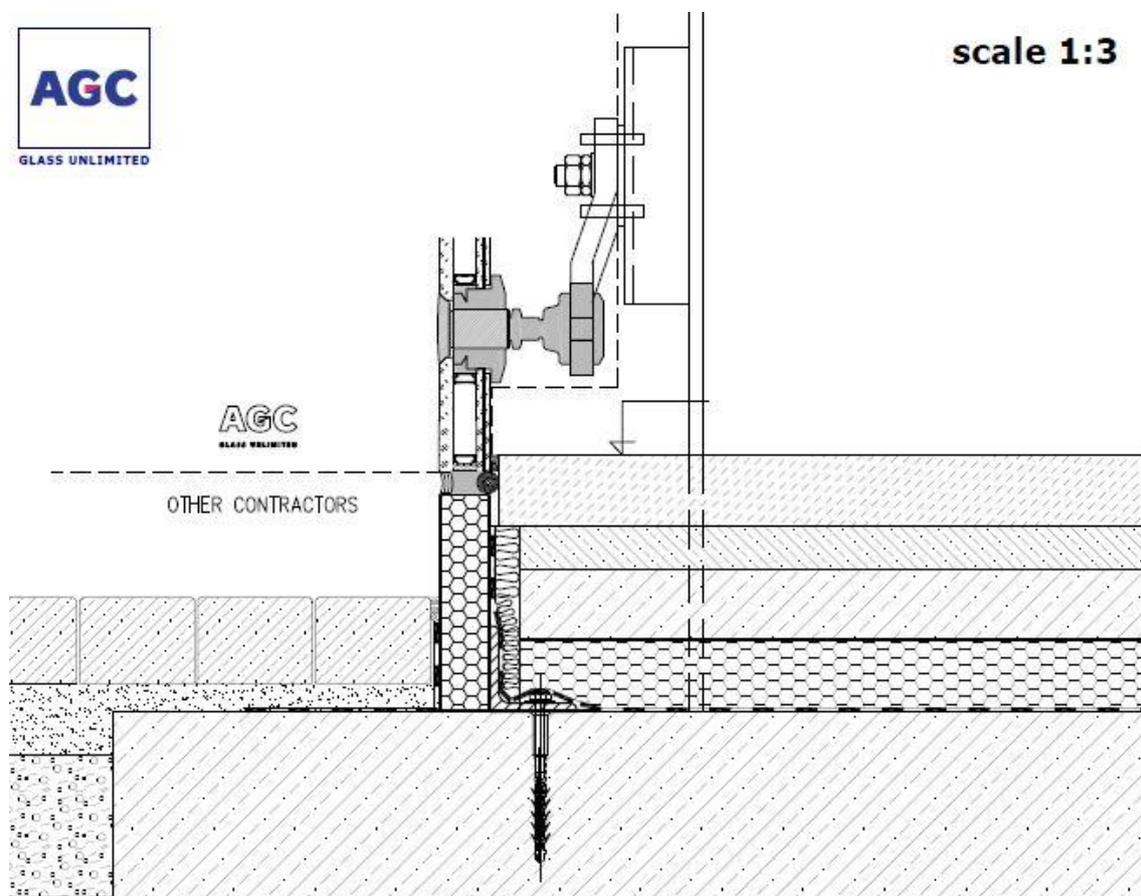
Por tanto, podemos esperar que la arquitectura de cristal «transforme» de hecho la superficie de nuestro planeta.

B. DETALLES CONSTRUCTIVOS

A continuación se detallan los encuentros más comunes en envolventes de vidrio. El ejemplo se trata de un cubo de vidrio anexo a otra edificación por lo que tenemos también encuentros con envolventes de otros materiales. Muchos de estos detalle nos ayudarán a entender lo que antes denominamos muro cortina, ya que están sostenidos por una estructura metálica interior que actúa de elemento portante. Estos detalles sirven como modelo para casi todas las envolventes de vidrio que no sean vidrio estructural. Son ofrecidos por la casa de vidrio ACG que produce, procesa y distribuye vidrio plano para la construcción en toda Europa.



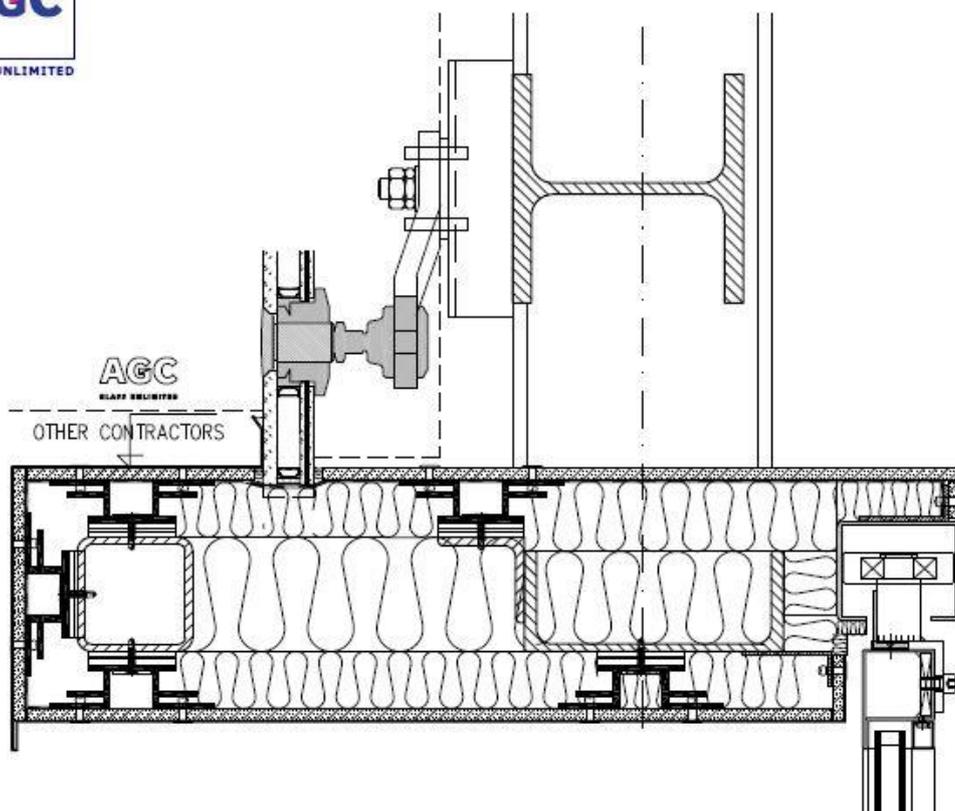
DETALLE 01: Encuentro envoltente de vidrio con pavimento exterior.



DETALLE 03: Encuentro envoltente de vidrio con marco superior de puerta de entrada.

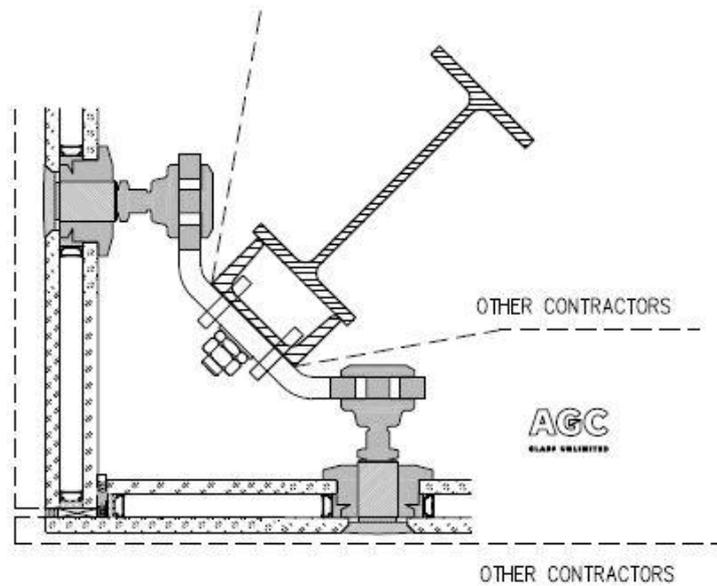


scale 1:3

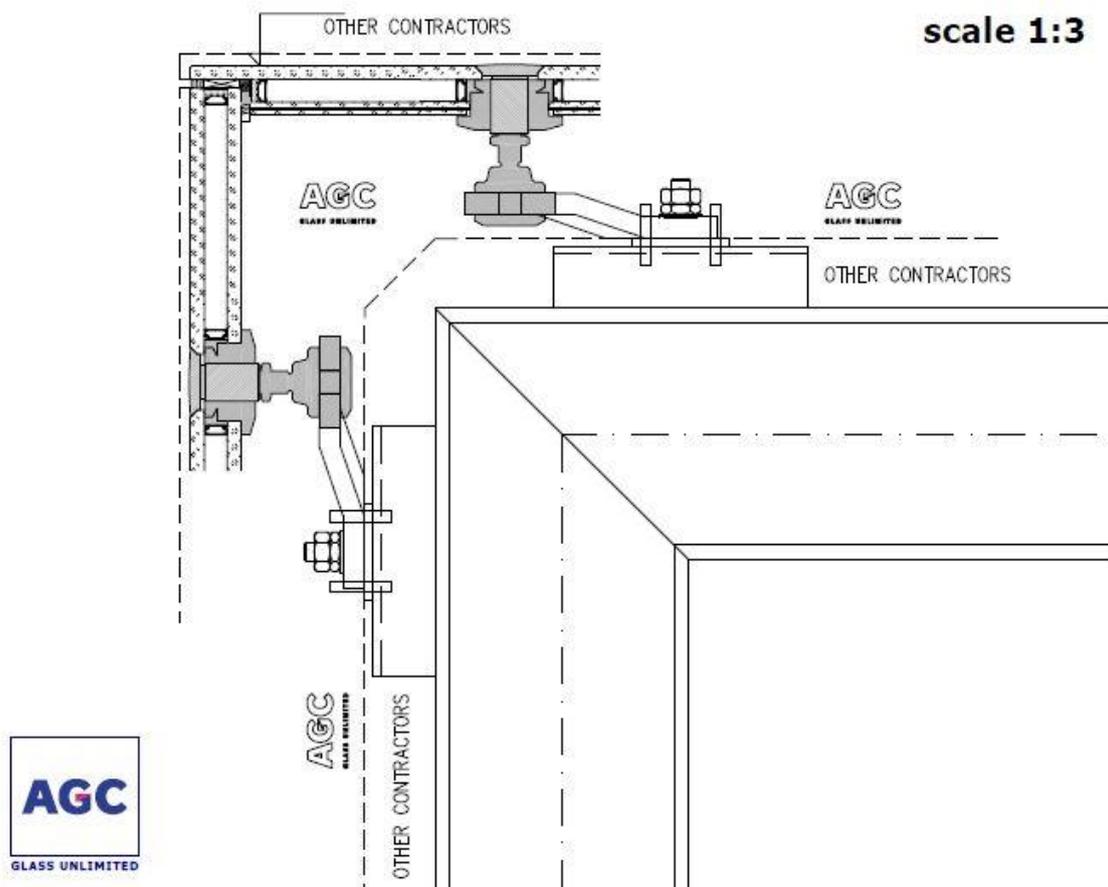


DETALLE 07: Encuentro de fachada de vidrio en ángulo de 90°.

scale 1:3

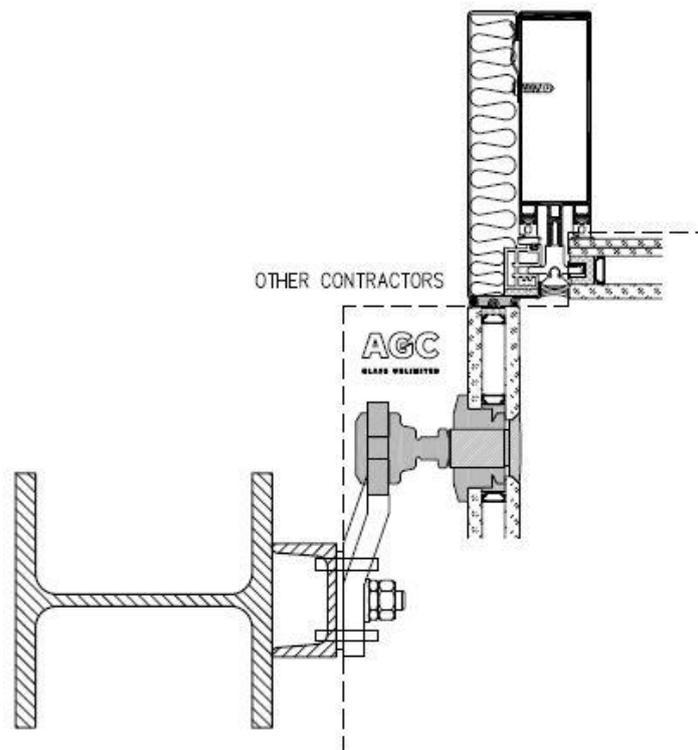


DETALLE 08: Encuentro de la envolvente de vidrio, fachada-cubierta en ángulo recto.

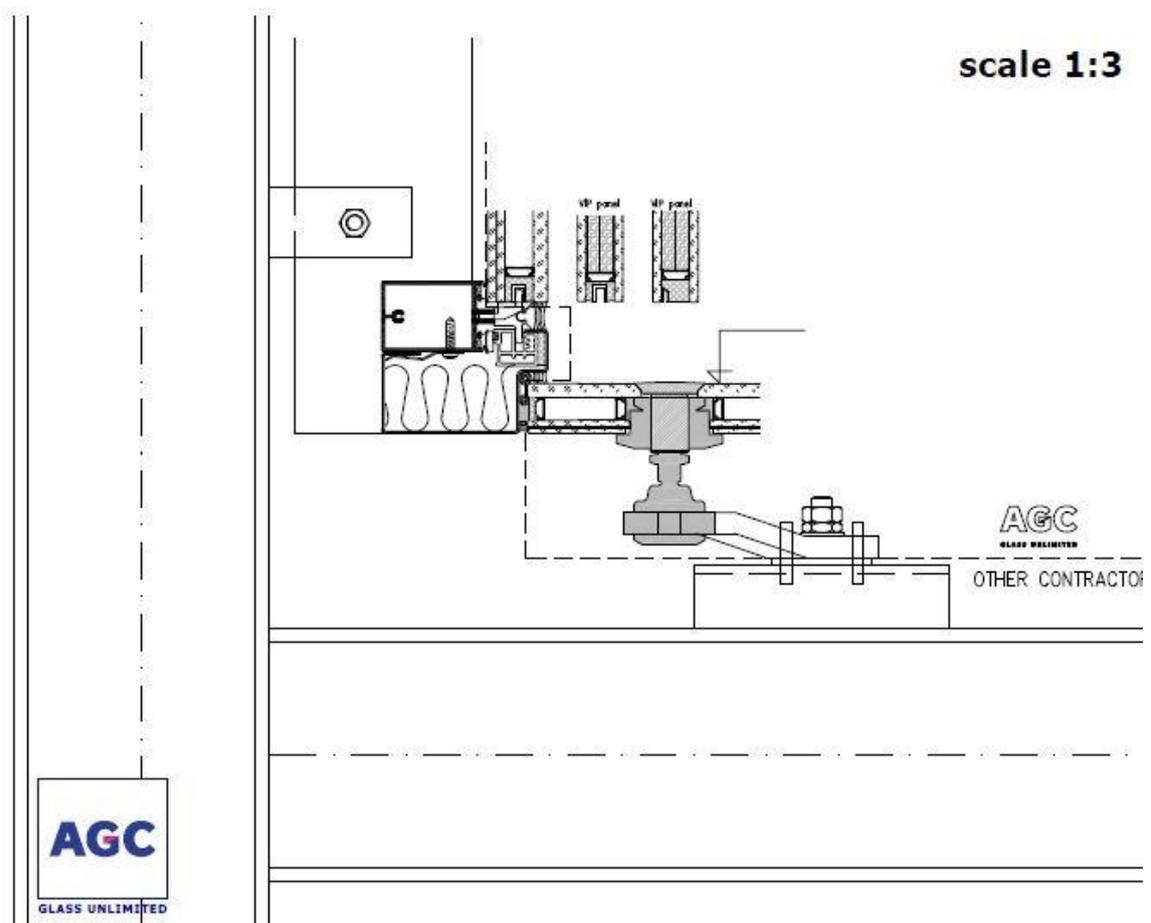


DETALLE 11: Encuentro edificio con envolvente de vidrio con otro edificio de otras características. Sección por la ventana del edificio desconocido.

scale 1:3



DETALLE 13: Encuentro de cubierta de edificio con envolvente de vidrio con otro edificio de otras características. Sección por la fachada.

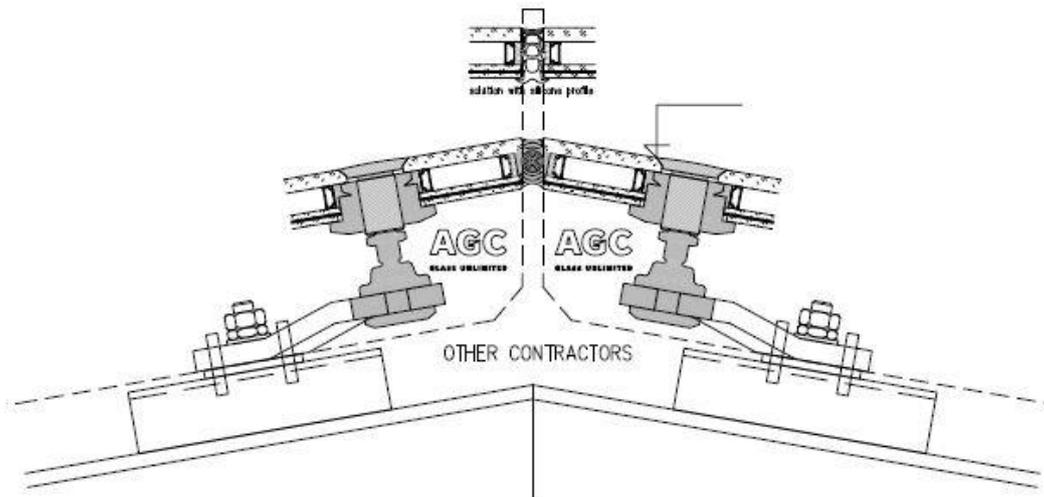


CON CUBIERTA A DOS AGUAS:

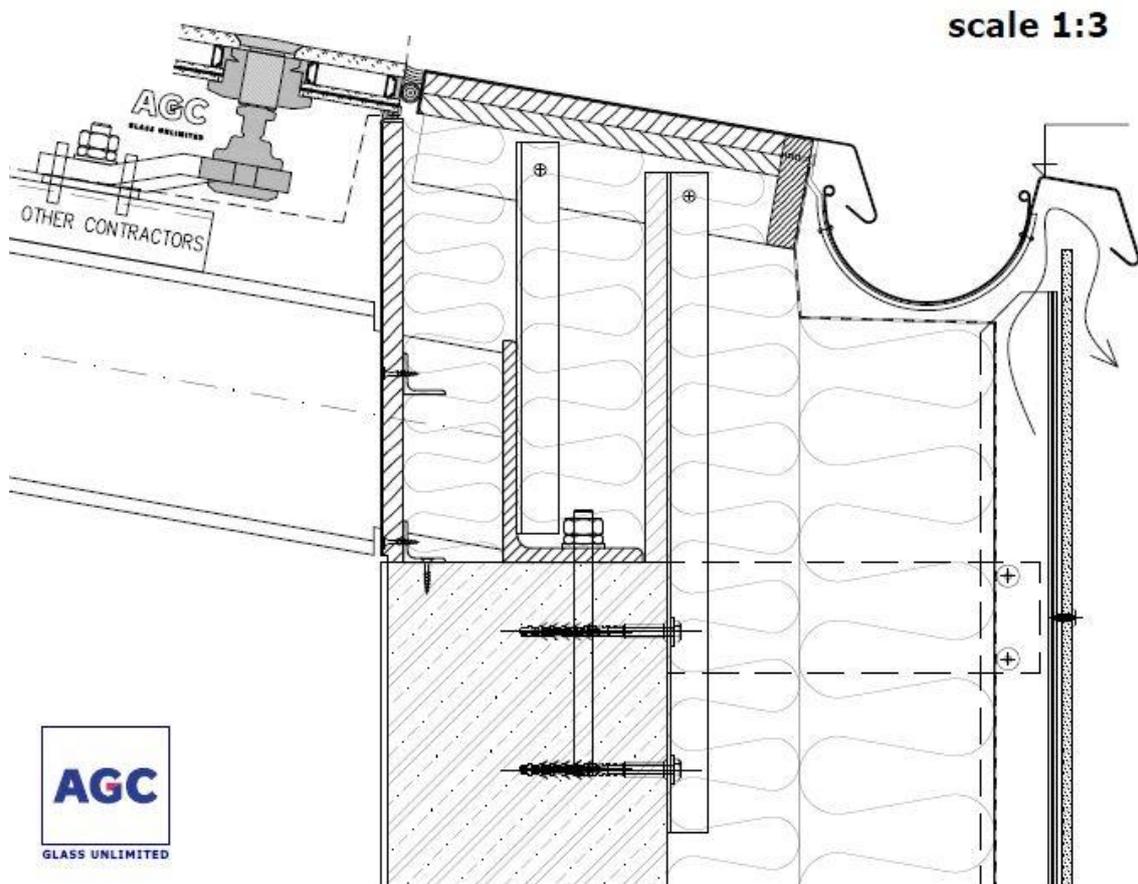


DETALLE 16: Cumbreera edificio con envolvente de vidrio.

scale 1:3



DETALLE 17: Unión cubierta inclinada de vidrio con muro de hormigón exterior y canalón.



C. FICHAS DE FABRICANTES

DATOS DE IDENTIFICACIÓN:

CIF: A36888931



Tipo: proveedor/fabricante

DIRECCIÓN:

País: España

Provincia: Valladolid

Localidad: Carrascal

CP: 47012

Dirección: C/Etileno 28-30, (Polígono de Carrascal)

Fax: 983 30 85 51

Teléfonos: 983 30 82 44

Emails: secrisa@secrisa.es

Web: www.secrisa.es

ACTIVIDAD

Una empresa total que desarrolla su actividad en planes de imagen integrales, respetando los principios referentes a la creatividad con el máximo vigor en el control de la calidad, aportando soluciones innovadoras a cada uno de los problemas, y resultados óptimos en cada una de sus realizaciones.

SECRISA desarrolla continuamente nuevos productos exclusivos, tanto en el ámbito técnico como en el decorativo, y altamente competitivos.

Paralelamente, distribuyen productos europeos de alta tecnología dentro del sector.

PRODUCTOS/SERVICIOS

Familias de Vidrios

- **DECORBLIND**
Vidrios laminares de seguridad decorados y/o esmaltados, de amplia aplicación en imagen corporativa e interiorismo.
- **SECRILAM COLOR**
Vidrios laminares especiales de alta gama, enfocados especialmente a recintos que precisen alta seguridad
- **SECRITEX IMAGEN**
Vidrios laminares cuya particularidad es la inserción de films fotográficos, telas, papeles ornamentales, y en definitiva, todo aquel elemento de imagen que el cliente precise.

DATOS DE IDENTIFICACIÓN:



CIF: A36888931

Tipo: proveedor/fabricante

DIRECCIÓN:

País: España

Provincia: Madrid

Localidad: Madrid

CP: 28002

Dirección: Príncipe Vergara 132

Teléfonos: 901 33 22 11

Web: <http://www.saint-gobain.es/>

ACTIVIDAD

Saint-Gobain es una multinacional que fabrica y comercializa productos y soluciones innovadoras, energéticamente eficientes y de altas prestaciones, que aumentan nuestro confort en el hábitat, contribuyendo a la protección medioambiental, y mejoran nuestra vida diaria. Saint-Gobain es referencia mundial del Hábitat Sostenible.

Actualmente cuentan con tres fábricas en España; una en Avilés, con una línea float para producción de vidrio plano para la construcción y una línea de fabricación de vidrios de capas, otra en Arboç, dedicada a la producción de vidrio para automóvil y construcción y la última en Renedo donde fabrican vidrio impreso.

También cuentan con un Centro de Información Técnica de Aplicaciones del Vidrio (CITAV), que ofrece a los profesionales; prescriptores, arquitectos, ingenierías, fachadistas... información y asesoramiento técnico acerca de los productos que comercializamos y también de su correcta aplicación proponiendo, en cada caso, el producto más idóneo.

PRODUCTOS/SERVICIOS

Ofrecen una gama muy diversa de productos que cumplen todo tipo de requerimientos funcionales y estéticos. Vidrios que van desde los más exigentes requerimientos técnicos hasta aquellos que cumplen una función básicamente de diseño. Entre otros hacemos mención a:

SGG BALDOSA GRABADA®. Vidrio con textura de fuerte espesor para arquitectura de interiores Un acertado equilibrio de luz, espacio y diseño.

SGG BIOCLEAN®. Vidrio Autolimpiable

SGG CLIMALIT PLUS®. Doble acristalamiento con beneficios de control solar y aislamiento térmico reforzado

SGG COOL-LITE®. Vidrios de Control Solar

SGG COOL-LITE® KG 137. Estética dorada para altas prestaciones: control solar y aislamiento térmico reforzado.

SGG COOL-LITE® SKN 144 II. Vidrio de control solar con elevadas prestaciones de aislamiento térmico

SGG COOL-LITE® SKN 154/165. Vidrios neutros de control solar altamente selectivos y con aislamiento térmico reforzado

SGG COOL-LITE® SKN Y SKN II. Alta selectividad y neutralidad en transmisión para un control solar y una eficiencia térmica excelentes

SGG DECORGLASS®. Vidrio impreso incoloro o con color

SGG DIAMANT®. El vidrio extra claro, la pureza y transparencia absoluta

SGG MASTERGLASS®. Diseños exclusivos que juegan con las texturas y la luz

SGG MIRALITE STADIP®. El espejo laminado de seguridad

SGG MIRASTAR®. Espejo al cromo

SGG PARSOL® ULTRA-GRIS. Vidrio Intensamente Gris

SGG PICTO®. El nuevo vidrio anti-brillo para enmarcar

SGG PIXARENA®. Último modelo de la gama de vidrios impresos SGG DECORGLASSÂ®

SGG PLANILAQUE® EVOLUTION. Vidrio lacado de alta resistencia

SGG PLANITHERM XN/XN II. Vidrio de Aislamiento Térmico Reforzado (ATR)

SGG PLANITHERM® 4S. Confort y ahorro en el hogar las 4 estaciones del año

SGG PLANITHERM® ULTRA N. Vidrio de Aislamiento Térmico Reforzado (ATR)

SGG PRIVA-LITE. Privacidad según su deseo, es simple e instantáneo

SGG STADIP PROTECT ARENA C®. Nuevo vidrio de decoración laminado de seguridad

SGG STADIP SILENCE®. Vidrio laminado de seguridad con prestaciones acústicas

SGG U-GLAS®. Vidrio impreso de perfil en U

SGG VISION-LITE®. Vidrio antirreflejos

DATOS DE IDENTIFICACIÓN:



Tipo: proveedor

DIRECCIÓN:

País: España

Provincia: Ávila

Localidad: Ávila

CP: 05004

Dirección: Calle Río Cea

Teléfonos: 920 21 00 50

Emails: info@onyxsolar.com

Web: www.onyxsolar.com/es/

ACTIVIDAD

En Onyx Solar desarrollan y fabrican materiales fotovoltaicos para su integración en edificaciones con el fin reemplazar materiales convencionales en distintas partes del exterior de los edificios, tales como lucernarios, fachadas, ventanas, muros cortina o cubiertas.

PRODUCTOS/SERVICIOS

Onyx solar ofrece una amplia gama de soluciones de integración fotovoltaica adaptadas a las necesidades de cada cliente. Desde configuraciones de vidrio fotovoltaico estándar, vidrio 100% customizado, hasta proyectos de BIPV llave en mano.

DATOS DE IDENTIFICACIÓN:



CIF: B70219316

TIPO: PROVEEDOR

DIRECCIÓN:

País: España Provincia: Localidad: A Coruña

CP: 15004 Dirección: c/juana de la vega n9, 5º piso

Teléfonos: 981 21 40 75

Emails: glassmong@glassmongalicia.com Web: <http://www.glassmongalicia.com/>

ACTIVIDAD

Son los Distribuidores de Cerramientos en Cristal LUMON en Galicia.



Realizan cerramientos en cristal LUMON, con lo cual garantizan el material, que es único en calidad y por la experiencia adquirida garantizan un montaje impecable. Los plazos de entrega y las obras que hemos realizado son su mejor aval.

Se desplazan a cualquier zona de Galicia sin coste, su terraza es igual en A Coruña, Ferrol, Pontevedra, Orense, Lugo etc....

Garantizan el Montaje del Sistema durante dos años y las piezas durante 5 años.

PRODUCTOS/SERVICIOS

Fachadas integrales de Lumon, barandillas y/o los cristales para terrazas sin marcos.

DATOS DE IDENTIFICACIÓN:



Tipo: proveedor/fabricante

DIRECCIÓN:

País: España

Provincia: Navarra

Localidad: Tudela

CP: 31500

Dirección: Polígono Ind. Montes del Cierzo

Teléfonos: 948 817 255

Emails: ctecnicas@guardian.com

Web: <http://www.sunguardglass.es/>

ACTIVIDAD

Guardian cuenta con la tecnología de capa más avanzada que permite ofrecer a sus clientes la gama de vidrios de ahorro energético más versátil del mercado. Aislamiento térmico, control solar y máxima transparencia para el revestimiento de sus fachadas.

La amplia gama de colores y rendimientos y la versatilidad de nuestros productos permiten a arquitectos diseñar edificios modernos, atractivos y energéticamente eficientes.

PRODUCTOS/SERVICIOS

Una amplia gama que se adapta a los diferentes climas y diseños de la arquitectura moderna. Control solar, aislamiento térmico, o una combinación de ambas. Entre ellos:

- eXtra Selective: Lo último en control solar
- SuperNeutral: Vidrio que combina neutralidad y control solar altamente selectivo
- High Performance: La combinación de protección solar y aislamiento térmico.
- Solar: El standard en control solar
- High Durable: Vidrio de control solar altamente resistente

DATOS DE IDENTIFICACIÓN:



Tipo: proveedor

DIRECCIÓN:

País: España Provincia: Valencia Localidad: Valencia

CP: 46011 Dirección: José Aguirre, 40 Planta 7

Teléfonos: 608 004 134

Emails: info@mfg-eu.com

Web: <http://www.mfg-eu.com/es/>

ACTIVIDAD

MFG Europe, filial de MFG Spa, es una empresa europea independiente dedicada a vender y a distribuir productos de vidrio plano a empresas independientes europeas conforme a las normas europeas (CE, ISO 9001/2000, ISO 14001/2004 y OHSAS 18001/2007).

PRODUCTOS/SERVICIOS

Acristalamientos de vidrios aislantes, vidrios laminados, vidrios metalizados y vidrios templados.

MFG adoptó un sistema de gestión QHSE (ISO 9001/2000, ISO 14001/2004 y OHSAS 18001/2007) que apunta a la calidad de los productos, a la seguridad de los empleados y a la protección del medio ambiente.

CONTENIDO DEL CD/DVD:

Fichero formato PDF de nombre: GAMALLOAROSA_ADRIANA_TFG_2015.pdf

Título: Nuevas soluciones para la caracterización de envolvertes de vidrio

Autor: Adriana Gamallo Arosa

Director do TFG: Ángel José Fernández Álvarez

Año: 2015